



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR  
Engenharia

# **Aplicação de Ferramenta de Avaliação do Ciclo de Vida (LCA) em Habitação em Aço Leve (LSF)**

**Tiago Joaquim de Sá Laranjeira**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
**Arquitetura**  
(Ciclo de estudos integrado)

Orientador: Prof. Doutor Luiz António Pereira de Oliveira

**Covilhã, junho de 2014**



# Dedicatória

A estes, àqueles e aos outros. A estes que próximos deram fundações para este saber. Àqueles que pela sua passagem levantaram barreiras, depois transformadas em paredes de experiência. Aos outros que à distância, puseram um telhado que das intempéries tem protegido esta aprendizagem. Este trabalho vos dedico. Sem vós, esta casa que eu sou, estaria inacabada. Que nesta obra, apenas se precisem das manutenções e estas sejam sustentáveis.



# Agradecimentos

Aproveito este espaço para demonstrar a minha profunda gratidão às pessoas que, desprovidas de segundas intenções, me apoiaram e contribuíram para a realização deste trabalho.

Ao Sr. Professor Doutor Luiz António Pereira de Oliveira um especial obrigado pela orientação, disponibilidade e partilha de conhecimentos durante a realização deste trabalho.

Aos meus amigos e colegas, em especial ao Igor, Judite, Luís, Gonçalo, um obrigado pelo apoio, esclarecimentos, sugestões e companheirismo que tornaram a realização deste trabalho mais interessante.

Aos meus irmãos um especial agradecimento pelo incentivo, ajuda e preocupação.

Aos meus pais exprimo um profundo agradecimento e reconhecimento pelo esforço e apoio incondicional em todos os momentos, fazendo de mim tudo o que sou hoje.

Em especial, um agradecimento à Ângela pelo incentivo, apoio incondicional e auxílio na realização deste trabalho.

Por último, agradeço a todas as pessoas com quem tenho aprendido ao longo da vida e a todos que contribuíram para o meu crescimento académico e pessoal.



# Resumo

Recentemente a consciencialização global de que os ecossistemas terrestres são frágeis e grandemente afetados pelos impactos ambientais das atividades humanas, tem levado à adoção de novos ideais de evolução, baseados num desenvolvimento sustentável. Sendo o sector da construção uma das áreas mais geradora de subprodutos e consumidora de recursos naturais, tornou-se sensato encaminhá-la numa abordagem de construção sustentável.

O caminho para a sustentabilidade tem sido pautado por inúmeras soluções construtivas que são contempladas no desenvolvimento de edifícios. No entanto, os impactos ambientais decorrentes do processo construtivo continuam a ser inúmeros. É, então, importante repensar a sustentabilidade desde a conceção do edifício, partindo logo da escolha dos materiais.

Partindo destas premissas, avaliou-se o sistema construtivo em aço leve. Optou-se por analisar este sistema, visto a sua introdução em Portugal ser recente e, ainda, não existirem dados concretos acerca do seu comportamento ambiental no contexto nacional. Como tal, pretendeu-se comparar a *performance* ambiental do sistema construtivo em aço leve com o sistema construtivo tradicional (betão armado). Deste modo, é possível concluir se o aço leve consiste numa alternativa viável ao sistema construtivo tradicional.

Para atingir este objetivo, utilizou-se a Avaliação de Ciclo de Vida. Esta é uma metodologia que contabiliza e sistematiza o comportamento ambiental de produtos (e.g. sistema construtivo), permitindo comparar de modo objetivo vários produtos alternativos. Através da ferramenta informática “*Athena™ Impact Estimator for Buildings*”, foi possível aplicar esta metodologia e comparar o uso do aço leve e do betão armado. Com a elaboração de um projeto de habitação único, apresentado segundo dois modelos que diferem apenas no sistema construtivo, foi possível analisar e contabilizar os impactos ambientais com mais relevo na construção: consumo de combustíveis fósseis, potencial de aquecimento global, potencial de acidificação, partículas perigosas à saúde humana, potencial de eutrofização, potencial de degradação da camada de ozono e potencial de formação de poluição.

Os resultados obtidos sugerem que o sistema construtivo em aço leve oferece amplas vantagens ambientais face ao betão armado. A sua implementação deve ser criteriosamente avaliada, com vista às possíveis vantagens que este pode trazer à construção sustentável.

## Palavras-chave

Avaliação de Ciclo de Vida; Construção Sustentável; Sistema Construtivo em Aço Leve.





# Abstract

Nowadays, a global awareness of the earth's ecosystems frailty and their susceptibility to the environmental burden of human activities, has led to the adoption of new ideals of evolution, based on sustainable development. Being the construction sector one of the areas generating more byproducts and consuming more natural resources, became wise to refer it on a sustainable construction pathway.

This route towards sustainability has been guided by innumerable constructive solutions to be used in the development of buildings. However, the environmental burdens caused by the construction process are still large at number. Still, is important to rethink sustainability from the conception of buildings, starting at the choice of materials.

Starting with this premises, the Light Steel Framing was evaluated. It was opted to analyze this system, since it is of recent introduction in Portugal and there aren't factual data concerning its environmental behavior in the national context. As such, it was intended to compare the environmental performance of Light Steel Framing and traditional constructive system (reinforced concrete). Thus, it's possible to conclude if light steel consist of a viable alternative to reinforced concrete.

To reach this end, a Life Cycle Assessment was used. This is a methodology that accounts and systematizes the environmental behavior of products (e.g. constructive system), allowing an objective comparison between several alternative products. Through "*Athena™ Impact Estimator for Buildings*" software, it was possible to apply this methodology and compare the usage of light steel and reinforced concrete. With the elaboration of a unique housing project, presented according two models which differ only in the constructive system, it was possible to analyze and account the environmental impacts with the largest significance to construction: fossil fuel consumption, global warming potential, acidification potential, human health particulate, eutrophication potential, ozone depletion potential and smog potential.

The obtained results suggest that Light Steel Framing offer wide environmental advantages against reinforced concrete. Its implementation should be judiciously evaluated, viewing the possible advantages which can bring to sustainable construction.

## Keywords

Life Cycle Assessment; Light-Steel Framing; Sustainable Construction;



# Índice

1. Capítulo   Introdução.....	1
1.1. Enquadramento .....	1
1.1.1. Justificativas.....	3
1.1.2. Objetivos .....	4
1.1.3. Metodologia / Estrutura da Dissertação.....	4
2. Capítulo   Desenvolvimento Sustentável .....	7
Introdução .....	7
2.1. Sustentabilidade na Construção .....	8
2.1.1. Materiais Sustentáveis.....	9
2.2. Avaliação de Sustentabilidade .....	13
2.2.1. Indicadores de Sustentabilidade .....	14
3. Capítulo   Avaliação do Ciclo de Vida (“ <i>Life Cycle Assessment</i> ” - LCA) .....	17
Introdução .....	17
3.1. LCA, Ciclo de Vida e Impactos Ambientais.....	18
3.2. Objetivos e Aplicações .....	21
3.2.1. LCA Aplicada à Construção .....	22
3.3. Limitações .....	24
3.4. Etapas de uma LCA.....	25
3.5. Ferramentas.....	26
4. Capítulo   Sistema Construtivo em Aço Leve (“ <i>Light Steel Framing</i> ” - LSF).....	29
Introdução .....	29
4.1. Definição e Antecedentes.....	30
4.2. Normalização e Regulamentação .....	32
4.3. Materiais .....	33
4.3.1. Materiais Estruturais.....	34
4.3.2. Materiais Não Estruturais .....	42
4.4. Componentes Estruturais .....	45

4.4.1. Métodos de Construção .....	45
4.4.2. “In-line framing” .....	47
4.4.3. Fundações .....	48
4.4.4. Paredes .....	52
4.4.5. Lajes .....	56
4.4.6. Cobertura.....	63
4.5. O LSF e a Sustentabilidade .....	68
5. Capítulo   Aplicação em Caso Prático .....	69
Introdução.....	69
5.1. Projeto de Habitação.....	69
5.2. Ferramenta de LCA: “Athena™ Impact Estimator for Buildings 4.5”.....	73
5.3. Aplicação da Metodologia LCA .....	74
5.3.1. Definição de Objetivos e Âmbito (“Goal Definition and Scope”) .....	74
5.3.2. Análise do Inventário do Ciclo de Vida (“Life Cycle Inventory Analysis” - LCI) ....	76
5.3.3. Avaliação dos Impactos no Ciclo de Vida (“Life Cycle Impact Assessment” - LCIA) 78	
5.3.4. Interpretação dos Dados (“Life Cycle Interpretation”).....	81
6. Capítulo   Conclusão.....	93
Bibliografia.....	97
Anexos .....	105

# Lista de Figuras

## 2. Capítulo | Desenvolvimento Sustentável

**Figura 2.1:** Desequilíbrio dos pilares do desenvolvimento sustentável, com a dimensão ambiental a fraquejar, perante o peso da economia. Fonte: Mateus, 2004. ....8

**Figura 2.2:** Objetivos do sector da construção. ....8

**Figura 2.3:** Evolução das preocupações no sector da construção, e da sua crescente complexidade ao longo do tempo. A construção sustentável (3º diagrama) corresponde a preocupações multidimensionais e multidisciplinares, implicando uma grande ponderação. Adaptado de: Real, 2010. ....9

**Figura 2.4:** Consumos energéticos associados às fases do ciclo de vida dos materiais. (PEC - “Primary Energy Consumption” - Energia Primária Incorporada) Adaptado de: Mateus, 2004. 10

**Figura 2.5:** Custos económicos associados ao ciclo de vida dos materiais. Adaptado de: Mateus, 2004. .... 13

## 3. Capítulo | Avaliação do Ciclo de Vida (“Life Cycle Assessment” - LCA

**Figura 3.1:** Fases do ciclo de vida de um produto e passos envolvidos. Adaptado de: Dias & Ilomäki, 2011. .... 19

**Figura 3.2:** Ciclo de vida do edifício durante 50 anos de vida expectável. Adaptado de: Zhang et al., 2006. .... 23

**Figura 3.3:** Edifício como unidade funcional numa WCP. Adaptado de: Kohler & Lützkendorf, 2002. .... 23

**Figura 3.4:** Fases de uma avaliação do ciclo de vida e aplicações diretas. Adaptado de: Silva, 2003. .... 25

**Figura 3.5:** Relação da unidade funcional com a extração de recursos e emissões. Adaptado de: Masanet & Chang, 2014. .... 25

## 4. Capítulo | Sistema Construtivo em Aço Leve (“Light Steel Framing” - LSF)

**Figura 4.1:** Exemplos de esqueletos estruturais de habitações em LSF. Fonte: Futureng, 2014. .... 30

**Figura 4.2:** a) habitação em “Wood Framing”. Fonte: Case Construction Co, 2012; b) protótipo de Howard T. Fisher. Fonte: Crasto, 2005; c) “Lustron Homes”, casa para soldados. Fonte: Lustron Preservation, 2014. .... 31

<b>Figura 4.3:</b> "In-line framing" (vista e perspectiva). Adaptado de: CSSBI, 2005. ....	32
<b>Figura 4.4:</b> Parede tipo (perspectiva e vista). Adaptado de : CSSBI, 2005. ....	33
<b>Figura 4.5:</b> Exemplos de acabamentos exteriores. Fonte: Futureng, 2014. ....	33
<b>Figura 4.6:</b> Secções dos perfis U, C, Z, Σ e Ω (ómega). Fonte LSK, 2005. ....	34
<b>Figura 4.7:</b> Composição e encaixe dos perfis C e U. Adaptado de: CSSBI, 2005. ....	35
<b>Figura 4.8:</b> Perfil Ω com abas reforçadas (perspetiva e vista). Adaptado de: Perfisa, 2011. .	36
<b>Figura 4.9:</b> Abertura sem reforço, dimensões e posicionamento (viga em vista e montante em perspectiva). Adaptado de: ConsulSteel, 2002. ....	36
<b>Figura 4.10:</b> Abertura com reforço, viga e montante. Adaptado de: ConsulSteel, 2002. ....	37
<b>Figura 4.11:</b> Trespasse dos parafusos. Adaptado de: NASFA, 2000. ....	38
<b>Figura 4.12:</b> a) tipos de ponta; b) tipos de cabeça. Adaptado: CSSBI, 2005. ....	38
<b>Figura 4.13:</b> a) rebite cego; b) rebite de pressão. Fonte: LSK, 2005. ....	39
<b>Figura 4.14:</b> a) cavilhas; b) fixação dos painéis de revestimento à estrutura metálica através de cavilhas. Fonte: LSK, 2005. ....	40
<b>Figura 4.15:</b> a) "clinchng"; b) perfis metálicos conectados através do "clinchng". Fonte: LSK, 2005. ....	40
<b>Figura 4.16:</b> Esquema de camadas das placas de OSB. Fonte: Rego, 2012. ....	41
<b>Figura 4.17:</b> Placas de OSB. Fonte: Jular, 2010. ....	41
<b>Figura 4. 18:</b> a) aplicação das placas de OSB sobre a estrutura em LSF; b) aplicação da manta de polietileno sobre as placas de OSB. Fonte: Futureng, 2014. ....	42
<b>Figura 4.19:</b> Aplicação de gesso cartonado sobre estrutura LSF. Fonte: Vivan, 2011. ....	43
<b>Figura 4.20:</b> Aplicação de gesso cartonado sobre estrutura "drywall". Fonte: Knauf, 2011..	43
<b>Figura 4.21:</b> Três tipos de lãs minerais. Fonte: Pinto, 2008. ....	44
<b>Figura 4.22:</b> Tipos de apresentação da lã de rocha. Fonte: Pinto, 2008. ....	44
<b>Figura 4.23:</b> a) aplicação de painéis de lã de rocha; b) aplicação de flocos de lã de rocha. Fonte: Allen & Thallon, 2011. ....	45
<b>Figura 4.24:</b> Métodos de montagem estrutural de um edifício em LSF. Fonte: ConsulSteel, 2002. ....	46
<b>Figura 4.25:</b> Construção por módulos. Fonte: Veljkovic & Johansson, 2006. ....	46
<b>Figura 4.26:</b> Construção por painéis. Fonte: Veljkovic & Johansson, 2006. ....	46
<b>Figura 4.27:</b> Construção em obra. Fonte: Homesteel, 1994. ....	46

<b>Figura 4.28:</b> Distribuição das cargas na estrutura em LSF. Adaptado de: ConsulSteel, 2002.	47
<b>Figura 4.29:</b> Lintel, elemento distribuidor horizontal das cargas (vista e perspectiva). Adaptado de ConsulSteel, 2002.	48
<b>Figura 4.30:</b> Ensoleiramento geral. Fonte: Futureng, 2014.	48
<b>Figura 4.31:</b> Sapata corrida. Fonte: Futureng, 2014.	49
<b>Figura 4.32:</b> Pormenor construtivo do ensoleiramento geral. Adaptado de: ConsulSteel, 2002.	49
<b>Figura 4.33:</b> Pormenor construtivo da sapata corrida. Adaptado de: ConsulSteel, 2002.	50
<b>Figura 4.34:</b> a) movimento por translação - implica o deslocamento da estrutura; b) movimento por tombamento - implica uma rotação da estrutura. Fonte: Crasto, 2005.	51
<b>Figura 4.35:</b> Ancoragem com varão roscado. Adaptado de: ConsulSteel, 2002.	52
<b>Figura 4.36:</b> Parede simples em LSF. Adaptado de: Crasto, 2005.	53
<b>Figura 4.37:</b> Distribuição das cargas sobre a abertura de um vão, em parede estrutural. Adaptado de: Crasto, 2005.	54
<b>Figura 4.38:</b> a) posicionamento das cintas; b) ancoragem das cintas à estrutura; c) ancoragem das cintas à estrutura com chapa de “Gusset”. Adaptado de: ConsulSteel, 2002.	55
<b>Figura 4.39:</b> Travamento horizontal, bloqueador e cintas horizontais. Adaptado de: ConsulSteel, 2002; Crasto, 2005.	55
<b>Figura 4.40:</b> Efeito diafragma, esquema de aplicação das placas OSB. Adaptado de: ConsulSteel, 2002.	56
<b>Figura 4.41:</b> a) reforço de alma, externo; b) reforço de alma, interno. Adaptado de: NASFA, 2000; c) vigas compostas e treliças. Adaptado de: ConsulSteel, 2002.	57
<b>Figura 4.42:</b> a) aplicação da chapa metálica ondulada da laje húmida. Fonte: Crasto, 2005; b) aplicação das placas de OSB da laje seca. Fonte: Futureng, 2014.	57
<b>Figura 4.43:</b> Pormenor construtivo da laje húmida. Adaptado de: ConsulSteel, 2002.	58
<b>Figura 4.44:</b> Pormenor construtivo da laje seca. Adaptado de: ConsulSteel, 2002.	59
<b>Figura 4.45:</b> Elemento em consola, disposição e dimensionamento. Adaptado de: ConsulSteel, 2002.	60
<b>Figura 4.46:</b> Elemento em consola perpendicular ao vigamento da laje, disposição e dimensionamento. Adaptado de: ConsulSteel, 2002.	60
<b>Figura 4.47:</b> Abertura de vãos em lajes e elementos estruturais. Adaptado de: ConsulSteel, 2002.	61
<b>Figura 4.48:</b> Escada com viga composta inclinada. Adaptado de: ConsulSteel, 2002.	61

<b>Figura 4.49:</b> Escada com parede inclinada. Adaptado de: ConsulSteel, 2002. ....	62
<b>Figura 4.50:</b> Escada com parede escalonada e degrau. Adaptado de: ConsulSteel, 2002. ....	62
<b>Figura 4.51:</b> Pormenor construtivo da cobertura plana. Adaptado de: ConsulSteel, 2002. ...	64
<b>Figura 4.52:</b> Cobertura inclinada com caibros e vigas: a) cargas verticais e deformação da estrutura; b) cobertura com escora; c) ligação dos caibros à cumeeira e à parede exterior. Adaptado de: ConsulSteel, 2002; Crasto, 2005. ....	64
<b>Figura 4.53:</b> a) componentes de uma asna; b) tipos de asnas. Adaptado de: ConsulSteel, 2002. ....	65
<b>Figura 4.54:</b> Frontão. Adaptado de: ConsulSteel, 2002. ....	65
<b>Figura 4.55:</b> a) beirado; b) ligação do beirado à parede exterior e reforço do beirado. Adaptado de: ConsulSteel, 2002. ....	66
<b>Figura 4.56:</b> Beirado perpendicular à estrutura da cobertura. Adaptado de: ConsulSteel, 2002. ....	66
<b>Figura 4.57:</b> Cobertura com painéis sandwich. Fonte: Futureng, 2014. ....	67
<b>Figura 4.58:</b> Cobertura revestida com telhas cerâmicas. Fonte: Futureng, 2014. ....	67

## 5. Capítulo | Aplicação em Caso Prático

<b>Figura 5.1:</b> Perspetivas da habitação desenvolvida. ....	70
<b>Figura 5.2:</b> Interface da ferramenta " <i>Athena™ Impact Estimator for Buildings 4.5</i> ". ....	73
<b>Figura 5.3:</b> Sistematização gráfica dos vários impactos ambientais ao longo do ciclo de vida do Modelo A. a) avaliação do CCF; b) avaliação do PAG; c) avaliação do PA; d) avaliação das PPSH; e) avaliação do PE; f) avaliação do PDCO. ....	79
<b>Figura 5.4:</b> Sistematização gráfica dos vários impactos ambientais ao longo do ciclo de vida do Modelo B. a) avaliação do CCF; b) avaliação do PAG; c) avaliação do PA; d) avaliação das PPSH; e) avaliação do PE; f) avaliação do PDCO. ....	80
<b>Figura 5.5:</b> Comparação do CCF por componente estrutural para os dois modelos. ....	82
<b>Figura 5.6:</b> Comparação do PAG por componente estrutural para os dois modelos. ....	82
<b>Figura 5.7:</b> Comparação do PDCO por componente estrutural para os dois modelos. ....	83
<b>Figura 5.8:</b> Comparação do PFP por componente estrutural para os dois modelos. ....	83
<b>Figura 5.9:</b> Comparação do PA por componente estrutural para os dois modelos. ....	83
<b>Figura 5.10:</b> Comparação do PPSH por componente estrutural para os dois modelos. ....	84
<b>Figura 5.11:</b> Comparação do PE por componente estrutural para os dois modelos. ....	85



<b>Figura 5.12:</b> Comparação do PE por componente estrutural para os dois modelos modificados pela exclusão da caixilharia exterior em PVC. ....	85
<b>Figura 5.13:</b> Comparação do CCF por fase do ciclo de vida para os dois modelos. ....	86
<b>Figura 5.14:</b> Comparação do PAG por fase do ciclo de vida para os dois modelos. ....	87
<b>Figura 5.15:</b> Comparação do PDCO por fase do ciclo de vida para os dois modelos. ....	88
<b>Figura 5.16:</b> Comparação do PFP por fase do ciclo de vida para os dois modelos. ....	89
<b>Figura 5.17:</b> Comparação do PA por fase do ciclo de vida para os dois modelos. ....	89
<b>Figura 5.18:</b> Comparação do PPSH por fase do ciclo de vida para os dois modelos. ....	90
<b>Figura 5.19:</b> Comparação do PE por fase do ciclo de vida para os dois modelos. ....	91
<b>Figura 5.20:</b> Comparação do PE por fase do ciclo de vida para os dois modelos modificados pela exclusão da caixilharia exterior em PVC. ....	92



# Lista de Tabelas

## 2. Capítulo | Desenvolvimento Sustentável

**Tabela 2.1:** Substâncias tóxicas e efeitos na saúde dos ocupantes dos edifícios. (CFC - CloroFluorCarbonetos; HCFC - HidroCloroFluorCarbonetos). Adaptado de: Mateus, 2004; Bemheim, 1996. .... 12

**Tabela 2.2:** Classificação dos indicadores de sustentabilidade segundo a Comissão Europeia, 1991. Fonte: Mateus & Bragança, 2004. .... 14

**Tabela 2.3:** Classificação dos indicadores de sustentabilidade segundo a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico, 1993. Fonte: Mateus & Bragança, 2004. .... 15

## 3. Capítulo | Avaliação do Ciclo de Vida (“*Life Cycle Assessment*” - LCA

**Tabela 3.1:** Alguns dos programas destinados à condução de LCA's aos produtos em geral e particularizadas à construção. Adaptado de: Bribián et al., 2009; SETAC, 2003. .... 27

## 4. Capítulo | Sistema Construtivo em Aço Leve (“*Light Steel Framing*” - LSF)

**Tabela 4.1:** Tipos de secção e função associada. Fonte: Júnior, 2012; Vivan, 2011; LSK, 2005; Perfisa, 2011; Modular, 2012; Uralita, 2008. .... 35

**Tabela 4.2:** Tipos de cabeça e aplicações. Adaptado de: Rego, 2012; Santiago et al., 2012. 39

**Tabela 4.3:** Relação entre local de aplicação e tipo de lâ de rocha a aplicar. Adaptado de: Pinto, 2008; LSK, 2005. .... 45

## 5. Capítulo | Aplicação em Caso Prático

**Tabela 5.1:** Áreas úteis das divisões e áreas mínimas admissíveis. .... 71

**Tabela 5.2:** Materiais de cada sistema construtivo contabilizados para a condução da LCA. . 75

**Tabela 5.3:** Listagem de materiais e suas quantidades no Modelo A. .... 77

**Tabela 5.4:** Listagem de materiais e suas quantidades no Modelo B. .... 77

**Tabela 5.5:** Medições sumárias Modelo A por impacto ambiental e fase do ciclo de vida. .... 79

**Tabela 5.6:** Medições sumárias Modelo B por impacto ambiental e fase do ciclo de vida. .... 80



# Lista de Acrónimos

<b>AIE4B</b>	<i>“Athena-Impact Estimator for Buildings”</i>
<b>BMCC</b>	<i>“Building Material and Component Combination”</i>
<b>CCF</b>	Consumo de Combustíveis Fósseis
<b>CFC</b>	CloroFluorCarboneto
<b>EN</b>	<i>“Normes Européennes”</i> (Normas Europeias)
<b>HCFC</b>	HidroCloroFluorCarboneto
<b>ISO</b>	<i>“International Organization for Standardization”</i>
<b>LCA</b>	<i>“Life Cycle Assessment”</i>
<b>LCI</b>	<i>“Life Cycle Inventory Analysis”</i>
<b>LCIA</b>	<i>“Life Cycle Impact Assessment”</i>
<b>LSF</b>	<i>“Light Steel Framing”</i>
<b>OSB</b>	<i>“Oriented Strand Board”</i>
<b>PA</b>	Potencial de Acidificação
<b>PAG</b>	Potencial de Aquecimento Global
<b>PDCO</b>	Potencial de Degradação da Camada de Ozono
<b>PE</b>	Potencial de Eutrofização
<b>PFP</b>	Potencial de Formação de Poluição
<b>PPSH</b>	Partículas Perigosas à Saúde Humana
<b>REPA</b>	<i>“Resource and Environmental Profile Analysis”</i>
<b>RGEU</b>	Regulamento Geral das Edificações Urbanas
<b>SETAC</b>	<i>“Society of Environmental Toxicology and Chemistry”</i>
<b>TRACI</b>	<i>“Tool for the Reduction and Assessment of Chemical and Other Environmental Impacts”</i>
<b>UE</b>	União Europeia
<b>US EPA</b>	<i>“United States Environmental Protection Agency”</i>
<b>WCP</b>	<i>“Whole Construction Process”</i>



# 1. Capítulo | Introdução

## 1.1. Enquadramento

O Homem sempre sentiu a necessidade de se proteger da hostilidade do meio envolvente para sobreviver. Desde o uso de grutas naturais aos primeiros abrigos em madeira, peles e pedra, a técnica construtiva do Homem tem evoluído, adequando-se à crescente necessidade de espaço e resistência, de modo a assegurar o seu bem-estar em cada momento.

À medida que o nível de exigência colocado sobre a construção aumenta, o Homem tem vindo a procurar novas soluções materiais. Os materiais extraídos da natureza deixam de ser aplicados em bruto e atravessam complexos processos de transformação. Toda esta manufatura implica gastos, sejam eles energéticos ou de recursos naturais. Por outro lado, estes materiais transformados apresentam características muito distintas dos naturais. Como tal, a sua absorção pelo meio ambiente após o tempo de vida útil na construção é difícil e, com frequência, danosa.

Fazendo um paralelismo histórico, a rápida evolução tecnológica na Revolução Industrial foi acompanhada por um crescimento proporcional da construção. Neste contexto e com novas necessidades construtivas a assegurar, surgiu, no final do século XIX, o material que revolucionou a construção, o betão. Este material apresentava três fortes características: economia, resistência e durabilidade. Através da introdução de aço em varão foi possível corrigir o seu comportamento mecânico à tração e surgiu o betão armado. No entanto, o material brilhante que foi o betão armado perdeu o seu brilho. Com o passar dos anos, os seus defeitos foram surgindo: uma durabilidade limitada, dependente de manutenções/reabilitações dispendiosas, elevados consumos energéticos e impactos ambientais inerentes ao fabrico dos componentes (cimento e agregados), demolição do edifício e reciclagem dos materiais.

Em paralelo, a partir da década de 70, o Homem principia uma tomada de consciência coletiva em relação ao seu impacto e ação sobre o ambiente, notando-se pela primeira vez a fragilidade do meio ambiente e o quanto dele dependemos. Estas preocupações ecológicas refletiram-se muito no sector da construção. Percebeu-se que alguns materiais e tecnologias induzem impactos ambientais e geram assimetrias importantes no meio ambiente, pois necessitam de consumir grandes quantidades de recursos naturais com baixa capacidade de autorregeneração. Um dos materiais que se tem revelado como prejudicial é o betão armado, que, independentemente das questões que possa levantar continua a ser dos mais utilizados em Portugal.

No contexto geral, compreendeu-se que existe a necessidade crescente de direcionar a humanidade para um desenvolvimento sustentável, baseado no equilíbrio entre o consumo de recursos naturais e a sua capacidade de renovação. A adoção de premissas para um

desenvolvimento sustentável deve procurar o equilíbrio entre três grandes dimensões: ambiental, económica e social.

O sector da construção assume um papel crucial no desenvolvimento sustentável, quer pela sua função para o Homem, quer pela sua influência nos âmbitos abordados pelas três premissas do desenvolvimento sustentável.

Em termos ambientais, estima-se que cerca de 50% das matérias-primas extraídas da natureza são utilizadas na construção, a qual é, também, a maior fonte de resíduos sólidos da União Europeia (UE). Estima-se ainda que  $\frac{1}{3}$  das emissões de gases causadores de estufa advêm de atividades relacionadas com o sector da construção. Ao nível social e económico, este sector representa 7,2% do emprego na UE, cerca de 14 milhões de postos de trabalho. Em Portugal, é responsável por 250 000 postos de trabalho, cerca de 10% da população ativa. (Figueiredo, 2009)

Face a estes valores, é importante repensar a relação e o contributo que o sector da construção pode ter para com o desenvolvimento sustentável. Com base nestas premissas surge o conceito de construção sustentável, aplicando o universo, preceitos e condutas do desenvolvimento sustentável ao sector da construção. Procura-se que a construção não evolua em sentido divergente das necessidades humanas, permitindo assegurar a conservação e valorização dos recursos, do meio ambiente e da qualidade de vida do Homem.

No sector construtivo, numa primeira abordagem levantaram-se questões relacionadas com a redução do consumo de recursos, em particular energéticos. Inicialmente promoveu-se a redução do consumo energético dos edifícios em uso. Mais tarde multiplicaram-se esforços para estender a poupança ao fabrico dos materiais e elementos construtivos. Entretanto surgiram outras preocupações para além das energéticas - escassez de recursos naturais, necessidade de reduzir os poluentes... -, tratando-se esta tarefa de contenção sustentável em contínua discussão até à atualidade.

Naturalmente, os conceitos anteriores e cada um dos problemas ambientais colocados não podem ser vistos individualmente. Ao longo do ciclo de vida de um edifício e dos seus componentes singulares, os impactos ambientais que se lhe associam são inúmeros. Torna-se importante conseguir conhecer e quantificar os impactos de cada contribuição individual, de forma a serem promovidas as tecnologias e materiais construtivos mais sustentáveis. É com este propósito que surge a aplicação da ferramenta de estudo de sustentabilidade Avaliação do Ciclo de Vida ("*Life Cycle Assessment*" - LCA) aos materiais de construção.

Utilizada desde a década de 90 na construção civil, a LCA representa uma importante ferramenta para a construção sustentável. Esta permite avaliar a energia incorporada nos materiais, quantificar e qualificar os impactos ambientais associados à construção, uso e demolição do edifício. A LCA apresenta-se como uma ferramenta rigorosa para avaliar soluções materiais e técnicas e para tomada de decisão em construção sustentável.



Assim, novos materiais e tecnologias construtivas desenvolvidas com o objetivo de resolver problemas ecológicos, podem ser avaliadas imparcialmente antes da sua aplicação, para confirmar a veracidade das suas presunções ambientais.

Uma das novas técnicas construtivas desenvolvidas para dar resposta aos desígnios da construção sustentável foi o Sistema Construtivo em Aço Leve (*“Light Steel Framing”* - LSF). Em termos ecológicos, as estruturas leves permitem diminuir o consumo de matéria-prima, pois, sendo o aço um material com maior resistência estrutural, possibilita executar elementos estruturais de menor secção, com menor consumo de matérias-primas. Em relação à formação de resíduos, o aço é facilmente reutilizado ou reciclado no término da utilidade do edifício.

O LSF aparenta ser sustentável e adequado a cumprir as necessidades do Homem em construção. No entanto, não deve ser aplicado sem um estudo prévio do seu benefício, pois após o início do uso poderão surgir questões desfavoráveis à semelhança do betão armado. Como tal, trata-se de uma situação ideal para aplicar a ferramenta LCA a fim de tentar compreender se existem benefícios em utilizar o LSF para a construção em Portugal.

### 1.1.1. Justificativas

A arquitetura desenvolve-se numa constante interdependência com a economia, sociedade e ambiente. Esta relação de proximidade deve evoluir de forma a corresponder às necessidades de sustentabilidade da humanidade. Assim, abre-se o espaço a uma reflexão sobre o papel da arquitetura nas políticas de desenvolvimento sustentável.

Esta dissertação surge da ânsia por respostas às problemáticas que a arquitetura enfrenta atualmente. O seu propósito envolve a compreensão da relação da arquitetura com a construção sustentável e o caminho que esta pode e deve tomar no futuro.

São vários os motivos que tornam este trabalho/tema interessante e desafiante ao arquiteto.

A razão mais fundamental é por acreditar que o futuro do arquiteto passa por ser um elemento ainda mais multidisciplinar e interventivo na sociedade, contribuindo para o desenvolvimento sustentável.

Por outro lado e em conjunto com as aspirações sociais e ecológicas do arquiteto, também o panorama económico atual se apresenta propício a novas áreas de trabalho. Auspicia-se uma era em que o conhecimento não basta: as capacidades e competências são o novo poder. Para singrar num momento economicamente desfavorável, é necessário alargar conhecimentos e aprofundar competências. Um exemplo são as competências no uso de ferramentas de trabalho, tal como a LCA, que conjuga as novas necessidades do arquiteto com as necessidades ecológicas da sociedade.

Assim, para concretizar estas mudanças, há vários conceitos e questões inerentes cuja compreensão é necessária.

Do ponto de vista da construção sustentável é também importante perceber quais as questões inerentes à aplicação de um determinado material num edifício e suas repercussões. Assim, o futuro da arquitetura passa pelo uso de novos materiais e tecnologias construtivas, mais adequadas aos princípios da construção sustentável. O LSF é um sistema construtivo ainda em crescente desenvolvimento em Portugal, mas cuja utilização aparenta ser benéfica, aplicável a novas construções e mesmo à reabilitação do edificado.

Por último, torna-se interessante esclarecer em concreto os benefícios da utilização do LSF em comparação com o sistema construtivo tradicional (betão armado), através da aplicação de uma LCA. Se os resultados forem concordantes com a expectativa, será um passo na desmistificação dos precedentes criados em torno deste tema.

### **1.1.2. Objetivos**

Esta dissertação propõe analisar se o uso do sistema construtivo em LSF pode constituir uma alternativa favorável ao sistema construtivo tradicional (betão armado) na perspetiva de um desenvolvimento sustentável. Pretende-se chegar a resultados imparciais por meio de uma LCA conduzida em exemplos práticos de ambos os sistemas.

Um objetivo secundário é compilar e sistematizar os conceitos teóricos essenciais ao desenvolvimento de um projeto em LSF e à condução e interpretação da LCA.

### **1.1.3. Metodologia / Estrutura da Dissertação**

Para cumprir os objetivos propostos de forma lógica, optou-se por dividir a dissertação em duas partes: revisão de conceitos (Etapa 1) e caso prático (Etapa 2).

#### **Etapa 1:**

A primeira parte será marcadamente teórica, propondo assegurar a sistematização dos conceitos e temáticas da dissertação. Pretende-se traçar um panorama geral sobre o desenvolvimento sustentável e como a LCA se insere neste âmbito. Também se pretende compreender as características e linhas guia relativas ao LSF, com especial ênfase no campo da habitação. Optou-se por restringir a compilação de informação sobre o LSF, pois é a habitação que comporta a maior fatia do mercado da construção nacional, acarretando, portanto, um maior número de impactos sobre o ambiente, sociedade e economia.

Esta etapa será desenvolvida ao longo de três capítulos:

**2. Capítulo | Desenvolvimento Sustentável** - inicia-se por uma abordagem do desenvolvimento sustentável generalista, direcionando-se depois para construção sustentável, sua importância e metodologias de análise.

**3. Capítulo | Avaliação do Ciclo de Vida (“Life Cycle Assessment” - LCA)** - desenvolve uma introdução à LCA, conceitos necessários à sua realização, aplicabilidade na construção e ferramentas para execução.

**4. Capítulo | Sistema Construtivo em Aço Leve (“Light Steel Framing” - LSF)** - apresenta uma breve introdução ao LSF e faz a descrição dos materiais que o compõem. Incorpora uma compilação da modelação dos componentes estruturais utilizados e tipos de soluções construtivas.

#### **Etapas 2:**

A segunda etapa, de carácter prático, pretende cumprir o objetivo principal: avaliação do ciclo de vida do LSF num exemplo prático. Com base nos conceitos e conhecimentos explanados na Etapa 1, pretende-se desenvolver um projeto de arquitetura único com duas variantes: uma com recurso ao LSF (Modelo A) e outra no sistema construtivo tradicional (Modelo B). O objetivo será comparar por meio de uma LCA o comportamento ecológico entre ambos os sistemas construtivos, servindo o sistema construtivo tradicional como um controlo face ao LSF, visto ser um sistema amplamente conhecido e utilizado. A LCA é realizada por intermédio de uma ferramenta informática específica, que por introdução de dados, obtém *performances* relativas a indicadores de sustentabilidade.

Desde já salvaguarda-se a hipótese de o projeto de arquitetura poder ser condicionado pelas características da ferramenta de LCA, devendo este ser visualizado apenas a título exemplificativo do processo.

Esta etapa será desenvolvida no “**5. Capítulo | Aplicação em Caso Prático**” e no “**6. Capítulo | Conclusão**”, onde serão traçadas as conclusões gerais, as mais-valias do trabalho desenvolvido e as perspetivas futuras.

Os capítulos apresentados são complementados com informação em anexo.

A presente dissertação encontra-se redigida ao abrigo do Novo Acordo Ortográfico e referenciada segundo o estilo de referência bibliográfica *Harvard*.



## 2. Capítulo | Desenvolvimento Sustentável

### Introdução

O conceito de desenvolvimento sustentável é definido pela Comissão Mundial para o Ambiente e Desenvolvimento, em 1987, como aquele que satisfaz o presente sem comprometer o futuro. Deste modo associa-se a um compromisso de solidariedade para com as gerações futuras e com o meio ambiente (Figueiredo, 2009; Mateus, 2004).

No entanto, a sustentabilidade, conceito que fornece os princípios para o desenvolvimento sustentável, é um campo mais vasto e multidimensional que a definição anterior. Engloba a manutenção, melhoria da salubridade e integridade do ambiente. Abarca a qualidade de vida e bem-estar do Homem. Envolve a equidade entre pessoas e gerações e as problemáticas sociais, éticas e sanitárias da Humanidade (Mateus, 2004; Ribeiro, 2012; Subramanian, 2012).

Assim, a aplicação destes princípios ao desenvolvimento sustentável, implica que este assente sobre três grandes dimensões: económica, social e ambiental. O ideal de desenvolvimento sustentável baseia-se na procura do socialmente desejável, economicamente viável e ecologicamente adequado, e na busca de equilíbrio entre as três variáveis (Dias, 2012; Silva, 2003; Roaf et al., 2001).

A dimensão económica requer um sistema económico que facilite o acesso a recursos e equacione as oportunidades, aumentando a prosperidade de todos. A dimensão social procura o desenvolvimento da justiça social, que proporcione uma equidade de oportunidades e um nível aceitável de vida. A dimensão ambiental requer o estabelecimento de um equilíbrio entre a proteção dos recursos naturais e o seu uso continuado, procurando garantir que estes continuem a prevalecer no tempo (Mateus, 2004; Silva, 2003).

Atualmente a dimensão económica é a que apresenta maior desenvolvimento e relevo para a sociedade, havendo-se deixado a dimensão social e ambiental para segundo e terceiro planos (Figura 2.1). Este desequilíbrio coloca em sério risco a sobrevivência das gerações futuras e a manutenção de um meio ambiente são (Mateus, 2004; Bragança et al., 2007a).

A interligação do sector da construção com o desenvolvimento sustentável é particularmente importante. A construção cria um impacto nas três dimensões do desenvolvimento sustentável de forma significativa: apresenta uma participação considerável no PIB nacional - dimensão económica; gera inúmeros postos de trabalho - dimensão social; utiliza recursos do ambiente e com ele se relaciona diretamente - dimensão ambiental (Mateus, 2004; Real, 2010).

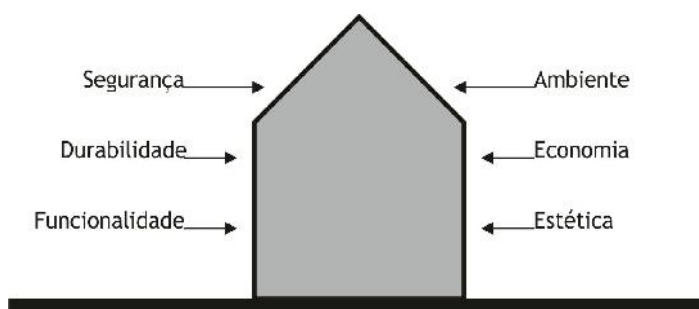
Em suma, o desenvolvimento sustentável tem como principal objetivo o equilíbrio das diferenças sociais, fatores económicos e ambientais (Dias, 2012).



**Figura 2.1:** Desequilíbrio dos pilares do desenvolvimento sustentável, com a dimensão ambiental a fraquejar, perante o peso da economia. Fonte: Mateus, 2004.

## 2.1. Sustentabilidade na Construção

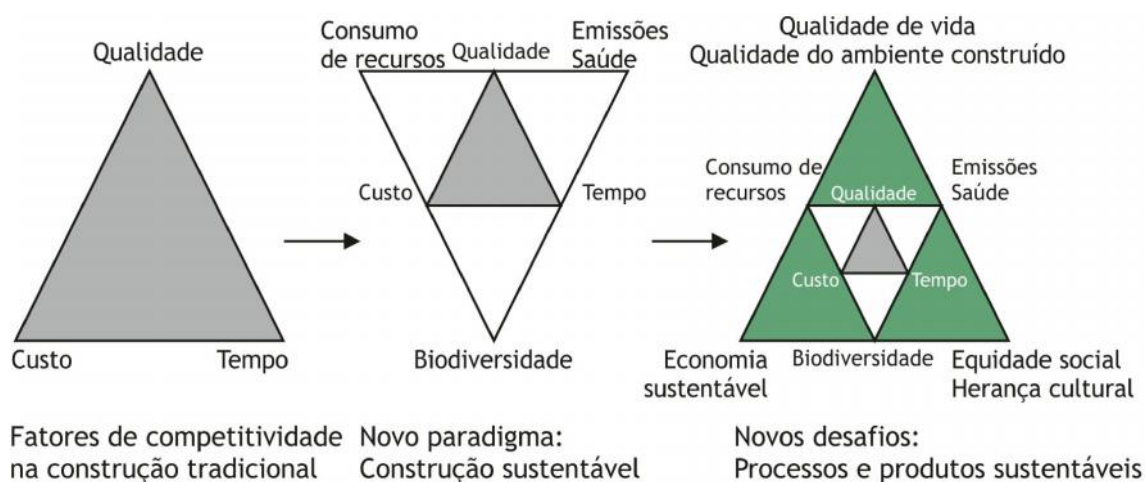
Como se ilustra na Figura 2.2, o sector da construção tem por objetivo a obtenção de um produto que satisfaça as exigências para o uso seguro, durável e funcional, e que seja produzido sem desprezar os aspetos estéticos, económicos e ambientais durante a sua existência (Mateus, 2004; Bragança et al., 2007a; Real, 2010).



**Figura 2.2:** Objetivos do sector da construção.

Atuar nas três vertentes do desenvolvimento sustentável e aplicá-las na construção trata-se de um passo determinante para a sustentabilidade do meio ambiente, social e económico, visto que este sector tem uma influência muito significativa nestas áreas. Construir de forma sustentável vai mais além do que valorizar a natureza, é fazer parte dela num processo integrado e recíproco, contribuindo para a valorização da qualidade de vida do Homem e do meio ambiente (Figueiredo, 2009; Subramanian, 2012).

Com a introdução de aspetos ambientais no sector da construção, o conceito de qualidade da construção passa a abranger fatores relacionados com a qualidade ambiental. Nasce um novo tipo de construção, preocupada com os impactos ambientais e com os efeitos das construções no meio ambiente (Figura 2.3). A construção ocupa agora um lugar de destaque no cumprimento das metas de desenvolvimento sustentável para qualquer país (Mateus, 2004; Silva, 2003).



**Figura 2.3:** Evolução das preocupações no sector da construção, e da sua crescente complexidade ao longo do tempo. A construção sustentável (3º diagrama) corresponde a preocupações multidimensionais e multidisciplinares, implicando uma grande ponderação. Adaptado de: Real, 2010.

Atualmente a construção representa a atividade humana com maior impacto no ambiente. Assim, é necessário ter em conta algumas prioridades na projeção de um edifício:

- Assegurar a salubridade do edifício;
- Ocupação racional do solo;
- Apresentar baixa massa de construção;
- Economizar energia e água;
- Maximizar a durabilidade do edifício;
- Planear a conservação e manutenção do edifício;
- Utilização de materiais eco-eficientes;
- Controlo de resíduos (Figueiredo, 2009; Mateus, 2004; Subramanian, 2012).

A construção sustentável minimiza e reduz os impactos inerentes ao edifício no ambiente. Os impactos devem ser percecionados no contexto da *performance* ambiental do edifício, durante todas as suas fases de vida (Real, 2010; Roaf et al., 2001).

Um dos fatores com maior relevância e impacto ambiental são os materiais utilizados.

### 2.1.1. Materiais Sustentáveis

O sector da construção é uma das atividades económicas que mais consome matérias-primas e energia na Europa. Este consumo reflete-se posteriormente em resíduos sólidos e impactos ambientais de elevada significância no meio ambiente (Torgal & Jalali, 2007).

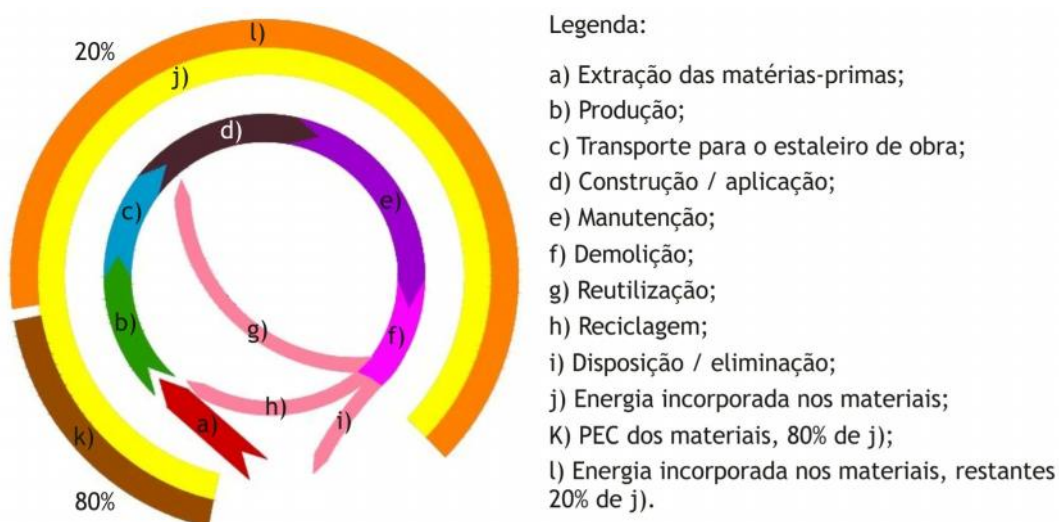
À produção de materiais de construção associam-se inúmeras transações e ações que se refletem em impactos sobre o ambiente. Os processos com impacto vão desde a extração da matéria-prima, seu transporte até aos locais de manufatura, aplicação, utilização,

reciclagem, reutilização ou reintegração ecológica (Mateus & Bragança, 2004; Torgal & Jalali, 2007).

Os impactos associados aos materiais não devem ser ignorados e é a fase de projeto que assume o papel mais significativo na procura da construção sustentável. Assim devem ser adotados alguns critérios e estratégias na correta seleção dos materiais a utilizar:

**a) Energia incorporada no material:** corresponde à energia necessária para a produção, transporte, aplicação, manutenção, demolição e disposição dos resíduos (Figura 2.4). Cerca de 80% da energia incorporada de um material corresponde à energia primária incorporada (“*primary energy consumption*”) do material. Esta equivale à quantidade de energia consumida durante a extração da matéria-prima, transporte e transformação.

Os 20% restantes correspondem à energia consumida durante o transporte para a obra, aplicação, manutenção e reabilitação, demolição e disposição dos resíduos (Mateus, 2004).



**Figura 2.4:** Consumos energéticos associados às fases do ciclo de vida dos materiais. (PEC - “*Primary Energy Consumption*” - Energia Primária Incorporada) Adaptado de: Mateus, 2004.

A redução sustentável da energia incorporada passa pela adoção de alguns critérios na seleção dos materiais:

- Produtos locais;
- Materiais com potencial de reutilização ou durabilidade;
- Materiais ou sistemas de baixa massa (Torgal & Jalali, 2007; Mateus, 2004).

**b) Impacto ecológico:** reflete o impacto ambiental do material associado ao seu ciclo de vida. O impacto com maior relevância denomina-se Potencial de Aquecimento Global (PAG), o qual é contabilizado através das emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Este reflete, na maioria, a combustão de combustíveis fósseis (Mateus, 2004; Bare et al., 2003).



Além do PAG, são contabilizados fatores como a contaminação dos cursos de água, delapidação dos recursos naturais e custos energéticos de transporte, entre outros (Mateus, 2004; Torgal & Jalali, 2007).

c) **Reutilização e reciclagem:** após completar o seu ciclo de vida inicial, o material deve possuir um determinado potencial de reutilização ou reciclagem. Devem ser preferidos materiais com maior potencial de reutilização aos materiais com algumas potencialidades de reciclagem, pois a reutilização direta do material implica um menor consumo energético que a reciclagem (Mateus, 2004; Torgal & Jalali, 2007).

De um modo geral os materiais de construção podem ser reciclados. Atualmente existem técnicas e soluções de reutilização e reciclagem para quase todos os materiais de construção:

- **Metais:** o aço e o alumínio apresentam um grande potencial de reciclagem, quando separados dos outros elementos e materiais construtivos;

- **Plásticos:** a maior parte dos plásticos pode ser reciclada e transformada em novos plásticos. O grande entrave à reciclagem é a grande variedade de plásticos existentes e a dificuldade em os separar;

- **Vidro:** a reciclagem de vidro proveniente da construção, apesar de pouco praticada, pode converter o vidro em agregados para a execução de betão;

- **Madeira:** este material pode ser reciclado e transformado em materiais compósitos de madeira (contraplacados, aglomerados), reutilizado ou simplesmente utilizado como material combustível para a produção de energia;

- **Betão e cerâmica:** a sua reutilização e reciclagem é difícil. No entanto, podem ser reutilizados como agregados para a produção de betão ou na execução de bases de estradas e pisos térreos (Mateus, 2004).

d) **Toxicidade:** a toxicidade de um material representa os possíveis efeitos nocivos perante o ser humano e ecossistema envolvente. As especificações técnicas e processo de fabrico de cada material devem ser cuidadosamente analisados, sinalizando-se os compostos químicos que sejam tóxicos (Mateus, 2004).

Embora a origem da maioria dos poluentes seja no exterior do edifício e nas suas atividades internas desenvolvidas pelos ocupantes e equipamentos, os materiais empregues na sua construção também emitem poluentes que podem influenciar a qualidade do ar interior. A exposição a estes poluentes com origem nos materiais coloca em risco a saúde dos ocupantes e estão na origem de uma série de doenças, entre elas o cancro.

Entre os diversos poluentes inerentes aos materiais podemos encontrar:

- **Compostos Orgânicos Voláteis:** emitidos pelos materiais, componentes, mobiliário e produtos de limpeza e manutenção;

- **Fibras:** resultantes da degradação dos sistemas de isolamento e materiais têxteis;

- **Elementos biológicos e gases:** resultantes da atividade biológica dos materiais, e.g. fungos e bactérias (Mateus, 2004; Bernheim, 1996).

**Tabela 2.1:** Substâncias tóxicas e efeitos na saúde dos ocupantes dos edifícios. (CFC - CloroFluorCarbonetos; HCFC - HidroCloroFluorCarbonetos). Adaptado de: Mateus, 2004; Bemheim, 1996.

Substância	Propriedades	Materiais, produtos ou componentes	Efeitos na saúde dos ocupantes
Amianto*	Incombustível e com textura fibrosa, composto de silicatos naturais, cálcio e magnésio.	Armadura em argamassa de cimento, fibrocimento; Isolante acústico e térmico.	Asbestose; Cancro do pulmão e aparelho digestivo.
CFC/HCFC	Fluídos incombustíveis e incolores à temperatura ambiente.	Espumas; Isolamentos; Sistemas de ar condicionado; Extintores que contenham halon.	Irritante dérmico; Vômitos; Sonolência; Depressão do sistema nervoso central.
Chumbo*	Metal disperso no ambiente natural.	Tintas, nomeadamente em pinturas antigas; Redes hidráulicas de edifícios antigos.	Hipertensão, anemia e esterilidade; Em baixas doses causa problemas cognitivos em crianças.
Formaldeído	Químico libertado para o ar sob a forma de gás acre/cáustico.	Aglomerados de madeira; Produtos têxteis, como agente anti-encolhimento.	Irritante respiratório e dérmico.
Radão	Gás inodoro e radioativo, resultante do empobrecimento do urânio.	Pedras como o granito ou xisto; Presente no subsolo do terreno, geralmente em zonas graníticas.	Potencia o desenvolvimento de cancro do pulmão.
Tolueno	Sólido ou líquido, com odor forte e acre.	Solvente em pinturas de óleo; Colas; Alcatifas; Espumas de poliuretano.	Irritante ocular, dérmico, e pulmonar; Náuseas e dores abdominais; Cancro do pâncreas e fígado.
Xileno	Líquido incolor com odor aromático.	Solvente em pinturas de óleo; Colas; Alcatifas; Espumas de poliuretano.	Irritante ocular, dérmico, e pulmonar; Perturbações de equilíbrio; Náuseas; Anorexia.
*atualmente a utilização destas substâncias na produção de materiais de construção está proibida.			

**e) Custo económico:** geralmente os materiais são selecionados tendo em conta o custo de aquisição, embora a seleção correta deva ter em conta o custo económico associado a todo o seu ciclo de vida (Figura 2.5).

Uma análise de custo económico de um material, incidente sobre o seu ciclo de vida, só é completa quando for considerado o valor venal. Este valor corresponde ao valor económico do material no final da sua primeira vida útil e varia conforme o potencial de reutilização ou reciclagem. Quanto maior for o seu potencial de reutilização ou reciclagem, maior será o seu valor venal.

A aquisição de um material com um custo de aquisição mais elevado pode ser justificada se, através de uma análise deste tipo, se for verificada uma diminuição dos custos futuros (Mateus, 2004; Torgal & Jalali, 2007).

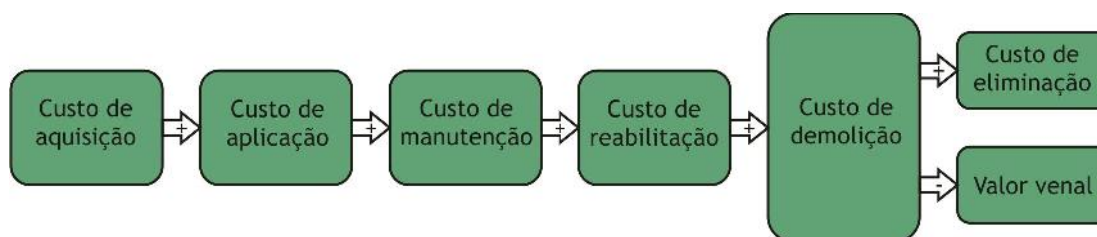


Figura 2.5: Custos económicos associados ao ciclo de vida dos materiais. Adaptado de: Mateus, 2004.

## 2.2. Avaliação de Sustentabilidade

Com já referido acima, uma construção só é considerada sustentável, quando são ponderadas durante a fase de projeto as diversas dimensões do desenvolvimento sustentável. Além dos parâmetros ao nível da escala do edifício, são considerados parâmetros relativos à interação do edifício com o meio envolvente (Dias, 2012).

A avaliação de sustentabilidade baseia-se em indicadores relacionados com a redução da utilização de energia, materiais não renováveis e água, redução da produção de emissões, resíduos sólidos e poluentes. Esta tem por objetivo reunir e divulgar dados que servirão de base à tomada de decisões (Bragança et al., 2007b; Figueiredo, 2009; Khasreen et al., 2009).

A avaliação de todos os parâmetros e indicadores referentes ao ciclo de vida de uma construção é um processo moroso. Atualmente existem ferramentas que simplificam e disponibilizam este tipo de avaliação ao público em geral. A avaliação de sustentabilidade de uma construção está sujeita a diversas dificuldades relacionadas com as características próprias do sector. Entre estas dificuldades constam: multidisciplinaridade; processo de produção e produto final diferente; durabilidade variável; o desempenho do produto depende do utilizador (Bragança et al., 2007b; Mateus, 2004).

Como resultado das diversas dificuldades e pela significância do sector, não existe uma metodologia internacionalmente aceite. As ferramentas de avaliação disponíveis encontram-se orientadas pela escala e tipo de análise: material de construção; produto de construção; elemento de construção; zona independente; edifício e local de implantação (Bragança et al., 2007b; Figueiredo, 2009). É possível organizá-las em três grupos diferentes:

- **Ferramentas de suporte à conceção de edifícios sustentáveis:** aplicadas às fases de anteprojecto e projecto do edifício. Ajudam a definir o desempenho pretendido para o edifício através da descrição de propriedades e hierarquia de requisitos e desempenho, desenvolvendo um edifício mais sustentável. Uma das ferramentas desenvolvidas neste âmbito é o “EcoProp” (Bragança et al., 2007b; Mateus, 2004);

- **Sistemas e ferramentas de avaliação da construção sustentável:** têm como finalidade garantir a sustentabilidade dos edifícios durante o seu ciclo de vida. Estes baseiam-se nos regulamentos e legislação locais e em soluções construtivas convencionais, gerando alguma variabilidade. Mas em geral apresentam pontos em comum, como parâmetros de desempenho energético, consumo da água, qualidade do ambiente interior e envolvente.

Existem três sistemas ou ferramentas de avaliação com base de dados e abordagens mais internacionais, o “*BREEAM*”, o “*LEED*” e o “*GBTool*” (Bragança et al., 2007b; Koukkari et al., 2005; Silva et al., 2003);

- **Sistemas de LCA dos produtos e materiais de construção:** aplicadas em fase de anteprojeto e projeto, orientam-se para a avaliação de impactos ambientais associados ao ciclo de vida dos materiais e produtos. As LCA’s têm vindo a ser aplicadas no sector da construção e revelam-se como uma importante ferramenta na procura de um modelo de construção de sustentável (Bragança & Mateus, 2006; Khasreen et al., 2009).

### 2.2.1. Indicadores de Sustentabilidade

De modo a avaliar imparcialmente o desenvolvimento sustentável na construção, algumas entidades desenvolveram indicadores e parâmetros baseados nas suas três grandes dimensões (economia, ambiente e social).

Os indicadores de sustentabilidade a contabilizar na avaliação devem ser definidos de forma clara e objetiva, pois o resultado da avaliação é dependente destes. Os indicadores avaliam o comportamento de uma solução adotada em relação aos objetivos do desenvolvimento sustentável (Dias, 2012).

No entanto, devido à subjetividade do tema e com o objetivo de uniformizar a metodologia, em 1991, a Comissão Europeia definiu dez indicadores de sustentabilidade (Figueiredo, 2009; Mateus & Bragança, 2004).

**Tabela 2.2:** Classificação dos indicadores de sustentabilidade segundo a Comissão Europeia, 1991. Fonte: Mateus & Bragança, 2004.

Tipos	Indicadores
Indicadores principais	Satisfação dos utilizadores;
	Alterações climáticas;
	Mobilidade e transportes públicos;
	Acesso a áreas de serviço e espaços verdes;
	Qualidade do ar.
Indicadores suplementares	Distância dos espaços de ensino;
	Sistemas de coordenação ao desenvolvimento sustentável;
	Ruído;
	Uso sustentável do solo;
	Produtos e materiais que respeitem o desenvolvimento sustentável.

Também a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico, em 1993, classificou os indicadores de sustentabilidade quanto à sua natureza (Figueiredo, 2009; Mateus & Bragança, 2004).

**Tabela 2.3:** Classificação dos indicadores de sustentabilidade segundo a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico, 1993. Fonte: Mateus & Bragança, 2004.

Natureza	Indicadores de sustentabilidade
Pressão	Indicadores de emissões de poluentes, eficiência tecnológica, intervenção no território e impacto ambiental.
Estado	Indicadores de sensibilidade, risco e qualidade ambiental num determinado horizonte espaço/tempo.
Resposta	Indicadores de adesão social, sensibilização e atividade ambiental.

Os indicadores abrangem todo o ciclo de vida do edifício e refletem numericamente os níveis limite e admissíveis a serem alcançados pelo edifício. É necessário avaliar e atribuir um fator de ponderação a cada indicador durante a avaliação (Mateus & Bragança, 2004; Dias, 2012). Assim, quanto maior for o número de indicadores a serem considerados na avaliação de sustentabilidade, maior será o rigor do resultado final (Figueiredo, 2009).



## 3. Capítulo | Avaliação do Ciclo de Vida (“*Life Cycle Assessment*” - LCA)

### Introdução

Os primeiros estudos relativos à questão ambiental eram vinculados à quantificação de energia incorporada nos processos industriais, chamadas de “análises de energia” (“*energy analyses*”). No entanto, para se construir e compreender um fluxograma de consumo de energia, é necessário quantificar os recursos utilizados. Passou-se, assim, a intitular estes estudos de “análise de recursos” (“*resource analyse*”) ou “análises de perfil ambiental” (“*environmental profile analyse*”).

A primeira análise de perfil ambiental foi realizada em 1965, pelo *Midwest Research Institute*. Este estudo teve por objetivo comparar diferentes tipos de embalagens de refrigerante e selecionar aquela que do ponto de vista ambiental apresentasse um melhor desempenho. A metodologia adotada para a realização deste estudo passou a intitular-se de “*Resource and Environmental Profile Analysis*” (REPA) (Santos et al., 2011; Ferreira, 2004).

Até meados da década de 70, a REPA foi conquistando popularidade entre a comunidade científica. Contudo foram surgindo outros aspectos cuja contabilização nas REPA's seria significativa, como as emissões atmosféricas, contaminação de águas e produção de resíduos sólidos. As REPA's sofrem, então, uma evolução na sua metodologia, graças aos estudos desenvolvidos pelo *Midwest Research Institute* em parceria com a *United States Environmental Protection Agency* (US EPA) (Mourad et al., 2002). Esta evolução deve-se também aos esforços para a realização de acordos internacionais, prevendo a redução do efeito de estufa e proteção da camada de ozono.

As análises ambientais, REPA's, passam a incorporar e quantificar novos fatores. Os estudos passam a ser publicados na forma de banco de dados, com informações relativas ao ciclo de vida dos produtos. A interpretação dos resultados das REPA's evolui, passando a avaliar as questões ambientais com o objetivo de conhecer potenciais impactos associados ao ciclo de vida dos produtos. Com a incorporação destes aspectos nas análises, a REPA torna-se na precursora da LCA, tal como a conhecemos hoje. Só em 1985, surge a denominação de “Análise do Ciclo de Vida” (“*Life Cycle Analyses*”), que posteriormente passa a denominar-se de “Avaliação do Ciclo de Vida” (“*Life Cycle Assessment*” - LCA) (Santos et al., 2011; Mourad et al., 2002).

Aproveitando o potencial da metodologia apresentada pela LCA, nos anos seguintes foram sendo realizados alguns estudos tendenciosos como estratégia de *marketing*. Em função disso, tornou-se necessário padronizar e sistematizar a realização de LCA's. A intervir neste campo, destaca-se a *Society of Environmental Toxicology and Chemistry* (SETAC), que durante o

início dos anos 90, organizou conferências internacionais que resultaram na publicação “*Guidelines for Life Cycle Assessment: a Code of Practice*”, em 1993 (Santos et al., 2011; Ferreira, 2004).

Posteriormente e com base nesta publicação, a *International Organization for Standardization* (ISO) elaborou as normas internacionais de maior relevo na gestão ambiental, a série ISO 14000, na qual se inserem as normas relativas às LCA's, a ISO 14040:2006 e a ISO 14044:2006 (ISO 14040, 2006; Santos et al., 2011; Ferreira, 2004).

A LCA estende-se para além de um método comparativo de produtos, atualmente é visto como um elemento essencial para atingir objetivos maiores e, de modo mais abrangente, o desenvolvimento sustentável. Devido à globalização, a condução de uma LCA deixou de ser um estudo local. A interligação dos sistemas do produto já não se limita por fronteiras geográficas. A condução de uma LCA passa-se a desenvolver a um nível internacional (Silva, 2008).

### 3.1. LCA, Ciclo de Vida e Impactos Ambientais

A LCA surgiu com o propósito de compreender e reduzir os impactos ambientais associados aos produtos industrializados e consumidos (ISO 14040, 2006).

Através da identificação e quantificação do uso de energia, matéria e emissões ambientais, a LCA avalia o impacto ambiental global do ciclo de vida de um produto. Deste modo, permite sinalizar potenciais aperfeiçoamentos à sua *performance* ambiental (Silva, 2003). Neste âmbito, o termo “produto” inclui bens materiais, serviços e processos, tornando-se um termo mais abrangente que no seu sentido mais literal (Guinée, 2002).

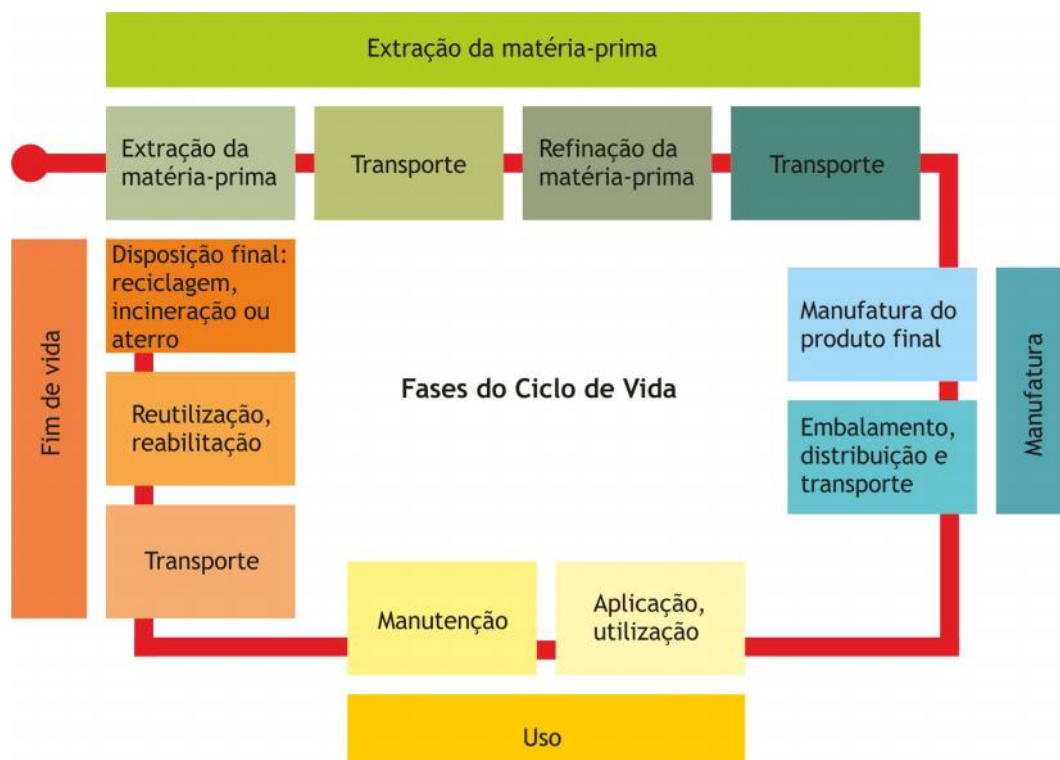
Para proporcionar resultados imparciais sobre o impacto ambiental de produtos, a LCA desenvolveu-se como uma ferramenta de base científica, permitindo executar análises quantitativas. Mesmo na impossibilidade de se obterem dados quantitativos sobre um produto, é possível ter em conta parâmetros qualitativos, desde que auxiliem a uma descrição o mais completa possível sobre os impactos ambientais existentes ao longo do seu ciclo de vida (Guinée, 2002).

A metodologia LCA parte do princípio de que todos os patamares da vida de um produto geram impactos no ambiente. Como tal, assume como premissa a condução uma avaliação do ciclo de vida total, isto é, “*from the cradle to the grave*”, do berço ao túmulo (Masanet & Chang, 2014; Frankl & Rubik, 2000). Deste modo, o ciclo de vida de um produto (Figura 3.1), processo ou atividade pode ser dividido em quatro fases gerais:

- **Extração da matéria-prima:** inclui a extração e refinamento da matéria-prima e energia, assim como o transporte do local de extração até ao local de refinação;



- **Manufatura:** inclui a manufatura dos materiais, a produção dos produtos acabado, embalagem e transporte;
- **Uso:** o produto atinge o seu objetivo, a utilização pelo consumidor e consequente manutenção;
- **Fim de vida:** esta fase inclui a reutilização e reabilitação, assim como a disposição final do produto, em que este pode ser reciclado, incinerado ou depositado em aterro. Nesta fase também são incluídas as operações de transporte (Ashby, 2009; US EPA, 2001; US EPA, 1993; Dias & Ilomäki, 2011).



**Figura 3.1:** Fases do ciclo de vida de um produto e passos envolvidos. Adaptado de: Dias & Ilomäki, 2011.

Além de abranger todo o ciclo de vida de um produto, a LCA contabiliza todos os tipos de impactos ambientais (Guinée, 2002). Importa, então, clarificar o conceito de impacto ambiental, podendo ser caracterizado como uma consequência adversa inerente à extração de recursos naturais, à produção/emissão de poluentes ou à formação e depósito de resíduos no meio ambiente durante o ciclo de vida do produto (Masanet & Chang, 2014; Guinée, 2002).

Entre as categorias de impacto ambiental adotadas na condução de LCA's destacam-se:

- **Potencial de Aquecimento Global (PAG):** considera os potenciais contributos das emissões atmosféricas para a aumento das mudanças climáticas. Através das emissões de CO<sub>2</sub> e outros gases (CFC's e HCFC's) que potenciam o efeito de estufa provenientes da produção e utilização de determinados materiais e componentes, regista-se um agravamento do efeito de estufa e consequentemente aquecimento global;

- **Potencial de Acidificação (PA):** refere-se ao contributo das emissões provenientes da produção e utilização de determinados materiais e componentes para o aumento da acidez da água e solos. Os maiores contribuintes para a acidificação da água e solos são o dióxido de enxofre e os óxidos de azoto provenientes da combustão de combustíveis fósseis;

- **Potencial de Degradação da Camada de Ozono (PDCO):** refere-se à diminuição da camada de ozono. Entre os potenciais elementos degradantes da camada de ozono encontram-se os CFC's e os HCFC's;

- **Potencial de Formação de Poluição (PFP):** refere-se à potencialidade de formação de poluição atmosférica (“smog”) ao nível do solo. Os principais contribuintes para este impacto são as emissões de óxidos de azoto e compostos orgânicos voláteis provenientes do consumo de combustíveis fósseis;

- **Potencial de Eutrofização (PE):** refere-se ao aumento de nutrientes químicos em águas de superfície, provenientes do escoamento excessivo de fósforo e compostos azotados, poluição de sistemas sépticos e esgoto. Aumenta, assim, o crescimento excessivo de plantas aquáticas que, conseqüentemente consomem e esgotam o oxigénio disponível na água, levando ao desaparecimento de outra vida aquática;

- **Toxicidade Ecológica:** refere-se ao contributo das emissões danosas à fauna e flora, considerando a toxicidade das emissões e suas concentrações em diferentes meios de comunicação. Esta categoria de impacto é subdividida em emissões para a atmosfera, água e solo;

- **Partículas Perigosas à Saúde Humana (PPSH):** contabiliza as emissões que representam riscos para a saúde humana. Esta é também subdividida em emissões para a atmosfera, água e solo (Masanet & Chang, 2014; Torgal & Jalali, 2007; Bare et al., 2003).

Cada vez mais a análise completa dos ciclos de vida dos produtos se revela um recurso a potenciar nas várias áreas de produção, independentemente do produto em questão. Um dos principais fundamentos para a condução de uma análise sobre a totalidade do ciclo de vida do produto é a obtenção de dados mais completos sobre a globalidade dos impactos que o um produto pode implicar. A LCA permite contabilizar não só os potenciais impactos ambientais que já tenham acontecido, como também prever os que possam vir a acontecer. Esta capacidade preditiva permite evitar a resolução de problemas ambientais nos processos estudados, pela mera transferência do problema a outros pontos do processo (Cassidy, 2005; Guinée, 2002). Em exemplo, a produção de um automóvel em alumínio em vez de aço, significa maior leveza e, conseqüentemente, menor consumo de combustível durante a sua utilização. No entanto, a produção de alumínio necessita de mais recursos energéticos, face à produção de aço, deixando de ser claro qual o impacto ambiental mais grave e por qual via optar. Portanto, neste tipo de análise comparativa é importante debruçar-se sobre a totalidade do ciclo de vida do produto e seus componentes (Guinée, 2002; Masanet & Chang, 2014).

## 3.2. Objetivos e Aplicações

Em geral, existem inúmeros pontos em que os conhecimentos sobre o produto em foco podem não estar completos. É sobre estas falhas no conhecimento que as LCA são conduzidas, a fim de obter uma clarificação sobre o ciclo de vida do produto. Como tal, a LCA pode ser conduzida para responder a vários objetivos, conforme necessário, como por exemplo:

- Descrever pormenorizadamente todas as relações entre o produto e a envolvente ambiental;
- Auxiliar ao esclarecimento das consequências da ação humana individual e coletiva sobre o meio ambiente, levando à maior compreensão do impacto ambiental gerado e metodologias para o reduzir;
- Fornecer informações objetivas sobre potenciais pontos no ciclo de vida passíveis de melhoria face à *performance* ambiental global. Estas informações podem ser utilizadas por entidades e/ou organismos com interesse no produto, para otimização dos recursos utilizados e subprodutos gerados (Silva, 2003; Jaques, 1998; Cassidy, 2005).

Atendendo à ampla gama de objetivos que podem ser pretendidos, existem inúmeras aplicabilidades para uma LCA, tais como:

- Avaliação do impacto ambiental de um produto;
- Quantificação e avaliação dos recursos consumidos e subprodutos originados em cada fase do ciclo de vida e relação com o seu impacto ambiental local e mundial;
- Identificação de possíveis melhorias ambientais num produto, pela sinalização de mudanças do impacto ambiental entre as diferentes fases do ciclo de vida e o meio ambiente;
- Comparação de produtos destinados à mesma função, permitindo comparar impactos sanitários e ecológicos;
- Divulgação de informação para os consumidores e meio técnico, possibilitando a classificação ambiental de um produto (Silva, 2003; Guinée, 2002; ISO 14040, 2006).

A condução de uma LCA ajuda na tomada de decisões sobre produtos ou processos de fabrico, contabilizando fatores que são geralmente desprezados em processos de seleção habituais. Como exemplo, a transferência do impacto ambiental de uma fase do ciclo de vida para outra, ou a transição do meio pelo qual esse impacto ocorre, são fatores que com frequência não são levados em conta pelas partes interessadas no produto. A LCA permite uma visão mais alargada das hipóteses a considerar no desenvolvimento de um produto (US EPA, 2001). No exemplo antes referido da produção de um automóvel e escolha do material alumínio *versus* aço, o problema ambiental em análise é o consumo de recursos energéticos. A condução da LCA permite verificar de forma imparcial qual a escolha mais favorável, sendo que ambas apresentam o mesmo problema, apenas em pontos distintos do ciclo de vida. O aço implica uma maior massa e maiores consumos energéticos durante o uso. O alumínio, embora resolva

o problema durante o uso, transfere-o para a fase de produção, ao ser necessário um maior gasto energético para a sua manufatura. Para a tomada de decisão é então importante sistematizar racionalmente a informação, para escolher a opção menos desfavorável (Guinée, 2002; Masanet & Chang, 2014).

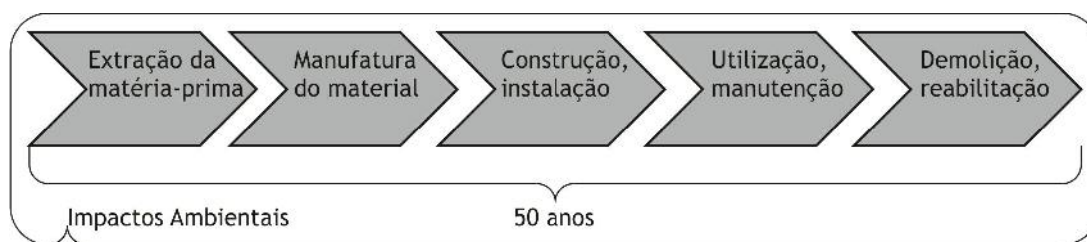
### 3.2.1. LCA Aplicada à Construção

A LCA é aplicada na construção civil desde 1990 e representa uma importante ferramenta no desenvolvimento da construção sustentável (Khasreen et al., 2009). Este tipo de metodologia de avaliação em edifícios vai mais além que a certificação energética, que prima essencialmente pelo uso eficiente de energia. A realização de uma LCA num edifício permite avaliar a energia incorporada nos materiais, volume de resíduos gerados na construção e demolição do edifício (Silva, 2003; Cassidy, 2005).

A realização de uma LCA sobre um edifício deverá acontecer ainda na fase de projeto e, num futuro próximo, passará a ser uma componente importante de um projeto. Os arquitetos e engenheiros passarão a ser questionados sobre as suas escolhas materiais e energéticas a implementar num edifício, desempenhando um papel importante na construção sustentável e na sua continuidade (Koukkari et al., 2005; Cassidy, 2005).

A aplicação da LCA em edifícios tem-se diferenciado da aplicação em produtos, embora partam dos mesmos pressupostos e conceitos. Esta separação deve-se essencialmente a quatro fatores:

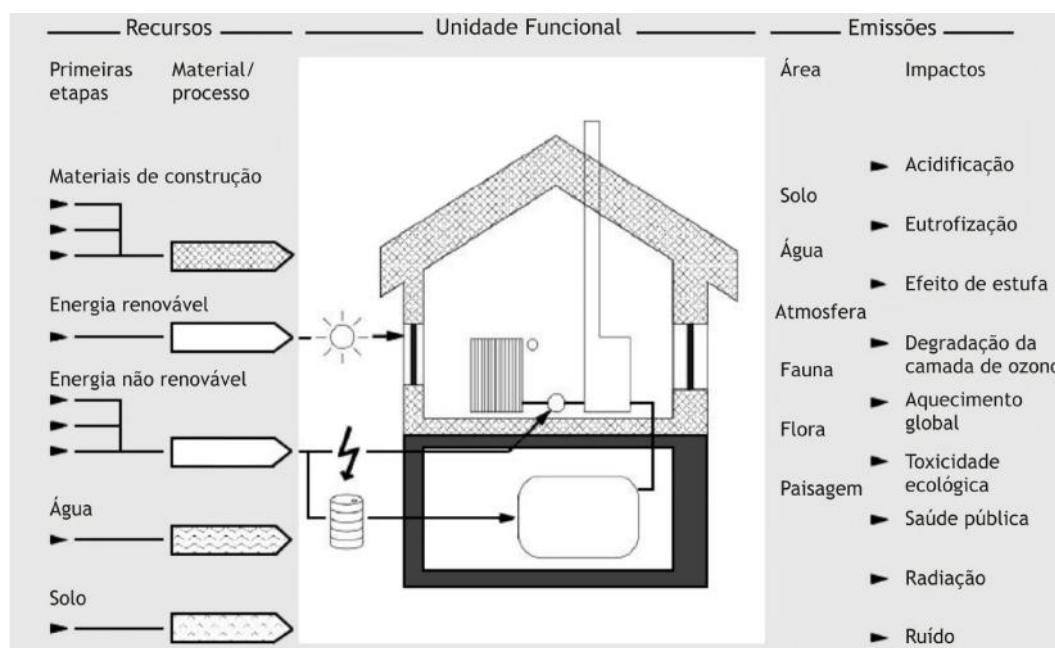
- Os edifícios apresentam um maior tempo de vida, geralmente contabilizado em 50 anos (Figura 3.2), sendo difícil contabilizar todo o seu ciclo de vida, *“from the cradle to the grave”*;
- Os edifícios podem sofrer alterações mais significativas que um produto, na sua forma e função durante a sua existência. Os impactos ambientais inerentes às alterações de forma e função do edifício são inúmeros, implicando um novo estudo;
- A maioria dos impactos ambientais de um edifício ocorre durante a sua construção e utilização. O correto desenho do edifício (implantação, cércea, volumetria) e escolha de materiais são cruciais para minimizar esses impactos;
- As entidades envolvidas no projeto e construção de um edifício são imensas. Cada edifício é desenhado como um único e a gama de materiais a aplicar é vasta. A dificuldade neste caso encontra-se na coleta dos dados referentes a cada material e a forma como este é aplicado (Khasreen et al., 2009; Silva, 2003; Jaques, 1998; SETAC, 2003; Zhang et al., 2006).



**Figura 3.2:** Ciclo de vida do edifício durante 50 anos de vida expectável. Adaptado de: Zhang et al., 2006.

Portanto, na aplicação direta de uma LCA à construção, o edifício assume, por inteiro, o papel de produto ou unidade funcional<sup>1</sup> (Figura 3.3). Deste modo, são estudados todos os materiais e processos construtivos utilizados no edifício, denominando-se este modo de análise “*Whole Construction Process*” - WCP (Todo Processo de Construção).

No entanto, a metodologia LCA pode ser aplicada apenas a uma parte do edifício, material ou componente. Este nível de análise denomina-se de “*Building Material and Component Combination*” - BMCC (Combinação de Materiais de Construção e Componentes) e é importante reconhecer o impacto ambiental, de acordo com a unidade funcional do edifício em análise (Khasreen et al., 2009; SETAC, 2003; Kohler & Lützkendorf, 2002).



**Figura 3.3:** Edifício como unidade funcional numa WCP. Adaptado de: Kohler & Lützkendorf, 2002.

<sup>1</sup> **Unidade funcional:** unidade de comparação, assegurando que os produtos comparados apresentam um nível equivalente de função ou serviço. Isto é, no caso de comparação entre um pilar de betão armado e ou pilar em aço, as dimensões dos pilares deveram ser as necessárias para que estes suportem a mesma carga (Silva et al., 2003; US EPA, 2001).

Deste modo, na construção civil, a LCA tem sido aplicada direta ou indiretamente sobre:

- A avaliação de materiais de construção;
- A classificação ambiental dos materiais de construção;
- O suporte à decisão e auxílio ao projeto, através de ferramentas especializadas em medir e comparar o desempenho ambiental de materiais e componentes da construção civil;
- A disponibilização de informações técnicas sobre os materiais, assistindo as entidades intervenientes nas tomadas de decisão;
- A avaliação e certificação ambiental de edifícios (Silva, 2003).

### 3.3. Limitações

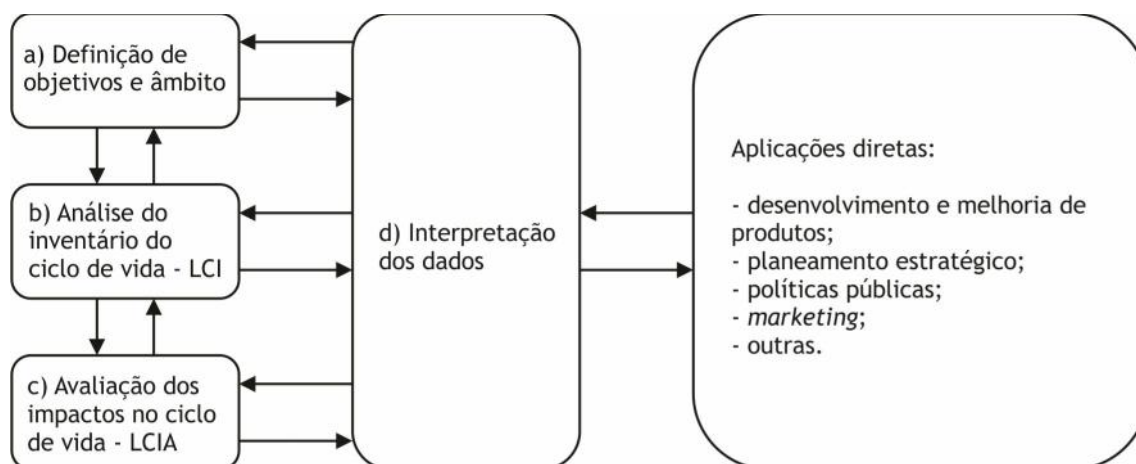
Devido à profundidade e abrangência, a realização de uma LCA pode tornar-se complexa, extensa e dispendiosa. Conforme o objetivo definido, a recolha de dados relativos ao produto em análise pode tornar-se problemática. As variáveis a ter em conta são inúmeras, nem sempre sendo fácil discernir quais as relevantes ou passíveis de serem trabalhadas. Assim, antes da análise, deve ser avaliada a disponibilidade dos dados, o tempo existente e os recursos financeiros necessários para a realizar. Por vezes a falta de dados ou tempo pode influenciar significativamente o resultado (Silva, 2003; US EPA, 2001).

Além desta problemática, podem ser apontadas outras limitações à realização de LCA's, tais como:

- A dificuldade na comparação de diferentes categorias ambientais, resultando numa falta de unidade comparativa dos impactos;
- A quantificação de impactos, por exemplo a valorização da vida humana *versus* danos ambientais;
- A complexidade de quantificar impactos relativos aos excedentes de produção e subprodutos, produtos recicláveis e residuais (Silva, 2003; US EPA, 2001; Guinée, 2002; Schepelmann, 2009).

### 3.4. Etapas de uma LCA

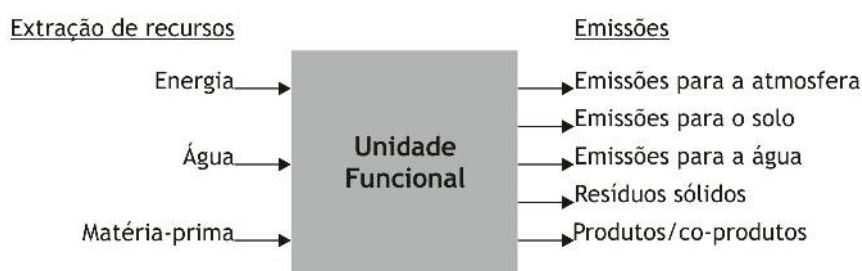
Como ilustrado na Figura 3.4, a realização de uma LCA é um processo sistemático e faseado em quatro momentos distintos:



**Figura 3.4:** Fases de uma avaliação do ciclo de vida e aplicações diretas. Adaptado de: Silva, 2003.

#### a) Definição de Objetivos e Âmbito (“Goal Definition and Scope”)

Na definição do objetivo são descritos os propósitos do estudo e o contexto em que se irá realizar, assim como as decisões e critérios que compõem o estudo. Da definição do âmbito fará parte a apresentação do produto em estudo, o critério de avaliação, a definição dos limites do sistema de produto e unidades funcionais (Figura 3.5), a validade e precisão do estudo, nível tecnológico, qualidade dos dados e critérios de interpretação e apresentação dos resultados (Khasreen et al., 2009; Ferreira, 2004; Wenzel et al., 2001; EMSD, 2005; ISO 14044, 2006).



**Figura 3.5:** Relação da unidade funcional com a extração de recursos e emissões. Adaptado de: Masanet & Chang, 2014.

#### b) Análise do Inventário do Ciclo de Vida (“Life Cycle Inventory Analysis” - LCI)

Identifica e quantifica os fluxos energéticos, materiais utilizados e emissões ambientais associados ao produto durante o seu ciclo de vida. O seu resultado depende dos tipos e quantidades de recursos naturais, materiais e energia utilizados no fabrico do produto, do método de transporte e distância percorrida, tipo de utilização e a sua finalidade enquanto resíduo (Coelho & Brandão, 2013; Wenzel et al., 2001; EMSD, 2005; US EPA, 1995; ISO 14044, 2006).

### c) Avaliação dos Impactos no Ciclo de Vida (*“Life Cycle Impact Assessment”* - LCIA)

Nesta fase são avaliados os dados e resultados obtidos na fase anterior, dividindo a avaliação em seis momentos:

- **Categorização:** seleção da categoria de impacto, indicadores de categoria e modelos de caracterização;

- **Classificação:** dos dados do inventário em categorias de impacto;

- **Caracterização:** dos impactos e conversão das quantidades atribuídas a cada tipo de impacto dentro da mesma categoria em unidades de referência equivalentes entre si, de forma a se obter um único indicador para cada categoria de impacto;

- **Normalização:** dos indicadores de impactos obtidos na fase anterior, convertendo o impacto em números dimensionáveis. Um fator tipo de normalização utilizado é a quantidade total de cada tipo de impacto ocorrido numa região ou mundialmente por ano ou por pessoa;

- **Agrupamento:** das categorias de impacto em pequenos grupos de impacto, para facilitar o seu estudo e interpretação do resultado;

- **Ponderação:** cálculo da soma ponderada dos indicadores de impacto normalizados para originar um único indicador de impacto. Isto faz-se através de uma série de fatores de ponderação para facilitar a tomada de decisão (Coelho & Brandão, 2013; EMSD, 2005; US EPA, 1995; ISO 14044, 2006).

### d) Interpretação dos Dados (*“Life Cycle Interpretation”*)

Avaliação dos resultados das duas fases anteriores, confrontando-os com os objetivos propostos para o estudo e identificando possíveis melhorias do produto (Silva, 2003; US EPA, 2001; EMSD, 2005; ISO 14044, 2006).

## 3.5. Ferramentas

Devido à grande quantidade de dados que é necessário compilar, quantificar e integrar na realização de uma LCA, têm sido desenvolvidos programas informáticos que facilitam o acesso a bases de dados e aumentam a eficiência do estudo. Deste modo, as fases anteriormente descritas são executadas informaticamente a partir de modelos pré-definidos. Atualmente existe um vasto número de programas que permitem realizar LCA's em geral, isto é, para qualquer tipo de produto desde que estejam disponíveis as informações necessárias. Relativamente às aplicações em construção civil, existem programas específicos para realizar LCA's em edifícios, os quais contêm as bases de dados específicas do sector (Lima, 2006; Bribián et al., 2009; Bragança & Mateus, 2006; SETAC, 2003).



**Tabela 3.1:** Alguns dos programas destinados à condução de LCA's aos produtos em geral e particularizadas à construção. Adaptado de: Bribián et al., 2009; SETAC, 2003.

Programas LCA				
<i>Boustead Model</i>	<i>ECO-it</i>	<i>EcoScan</i>	<i>Euklid</i>	<i>KCL Eco</i>
<i>LCAit</i>	<i>SimaPro</i>	<i>TEAM</i>	<i>WISARD</i>	<i>Umberto</i>
Programas LCA - específicos para a construção				
<i>Athena™</i>	<i>BEAT</i>	<i>BeCost</i>	<i>BEES</i>	<i>EcoEffect</i>
<i>Eco-Quantum</i>	<i>Eco-Soft</i>	<i>Envest</i>	<i>Equer</i>	<i>GaBi</i>
<i>GBA-Tool</i>	<i>GreenCalc</i>	<i>LCA House</i>	<i>Legep</i>	<i>LISA</i>

Dos programas específicos para realizar LCA's em edifícios acima citados, destacam-se cinco que, pela sua utilização e historial científico, se revelam os mais coerentes e versáteis:

a) **“Athena™ Impact Estimator for Buildings”**: desenvolvido pelo *Athena Sustainable Materials Institute*, este programa de origem canadiana permite realizar LCA's em edifícios, assumindo a sua totalidade e durante todo o seu ciclo de vida. Com base nas metodologias desenvolvidas pela US EPA, este programa permite contabilizar impactos ambientais associados à energia consumida, poluição atmosférica, aquecimento global, consumo de recursos, emissões de resíduos sólidos e poluição da água.

Com utilização indicada para arquitetos e engenheiros durante a fase de projeto, apresenta uma base de dados própria que se relaciona com a zona geográfica onde se insere o edifício, nomeadamente Canadá e Estados Unidos da América (Erlandssona & Borg, 2003; Athena SMI, 2014b).

b) **“Envest 2”**: o *Building Research Establishment* no Reino Unido desenvolveu o programa **“Envest”** como ferramenta de apoio ao desenvolvimento do projeto. Permite contabilizar impactos ambientais e financeiros associados ao edifício como um todo ou a um material (Erlandssona & Borg, 2003; Envest, 2012; BRE, 2014).

c) **“BEAT”**: desenvolvido na Dinamarca pelo *Building Research Institute*, o **“BEAT”** apresenta uma base de dados sobre as fontes energéticas, meios de transporte, elementos e materiais de construção mais comuns no contexto dinamarquês. Permite a realização de LCA's em produtos industriais, apesar de ter sido desenvolvido especificamente para a construção civil e edifícios (Erlandssona & Borg, 2003; Petersen, 2000; SBI, 2012).

d) **“BEES”**: o **“Building for Environmental and Economic Sustainability”**, desenvolvido pelo *National Institute of Standards and Technology* nos Estados Unidos da América, é um programa de suporte para as tomadas de decisões na seleção de materiais e contabilização dos impactos ambientais associados ao edifício durante o seu ciclo de vida. Utiliza a metodologia LCA baseada nas normas ISO 14040:2006 e ISO 14044:2006, nas normas ASTM - **“Multi-Attribute Decision Analysis”** e **“UNIFORMAT II”** (Erlandssona & Borg, 2003; NIST, 2014; Greig, 2014).

e) **“LISA”**: o **“Life Cycle Assessment in Sustainable Architecture”**, desenvolvido na Austrália (*University of Newcastle - Centre for Sustainable Technology*), apresenta uma base

de dados proveniente de vários centros de investigação (Austrália, Reino Unido, Suécia e Bélgica).

Desenvolvida para auxiliar arquitetos e engenheiros na fase de projeto, possibilita efetuar uma LCA de um edifício durante o seu ciclo de vida contabilizando os impactos ambientais relativos à energia utilizada, poluição atmosférica, poluição e utilização de água (Figueiredo, 2009; LISA, 2004).

## 4. Capítulo | Sistema Construtivo em Aço Leve (“*Light Steel Framing*” - LSF)

### Introdução

O caminho para a construção sustentável passa pela utilização de novos materiais e tecnologias construtivas. O sector da construção tem um impacto profundo no meio ambiente e é fonte de poluição da atmosfera e cursos de água. De forma a minimizar os seus impactos, têm-se implementado planos estratégicos que incentivam o prolongamento da vida útil dos edifícios, o melhoramento do seu desempenho energético, a minimização dos recursos utilizados, resíduos de obra e a utilização de soluções construtivas mais eficientes, ao nível das três vertentes da sustentabilidade (Moreira, 2012; Burgan & Sansom, 2006).

É neste sentido que surge o LSF como sistema estrutural sustentável. Com base numa construção a “seco”, esta solução construtiva oferece um contributo relevante para a sustentabilidade da construção.

Através da redução de resíduos em obra e incorporação de materiais mais sustentáveis (aço, gesso cartonado e “*Oriented Strand Board*” (OSB)) na sua execução, o LSF aligeira o impacto ambiental associado às construções (Moreira, 2012; Mateus, 2004).

A sua versatilidade construtiva também é apontada como uma das suas vantagens. A utilização do LSF é admissível quer em novas construções (e.g. habitações), quer na reabilitação do edificado existente, ou em construções com estrutura mista (e.g. arranha-céus, hospitais) (Santiago et al., 2012).

A ligação dos elementos através de parafusos facilita o desmantelamento da construção no fim da sua vida útil. Este facto permite uma fácil e rápida triagem dos vários materiais com potencial de serem reciclados ou reutilizados (Moreira, 2012; Burgan & Sansom, 2006).

No entanto o LSF é uma tecnologia ainda em crescimento em Portugal, que carece de mão-de-obra especializada e familiarizada com este sistema construtivo. A somar a este facto, quase a totalidade do aço consumido em Portugal tem que ser importado. Em comparação ao sistema construtivo tradicional (betão armado), esta solução apresenta-se menos competitiva face ao custo de construção.

Numa perspetiva mais global, o LSF está associado a uma maior durabilidade (menores custos de manutenção), a um menor consumo energético (melhor isolamento térmico) e a um maior valor venal do edifício, que o coloca numa posição vantajosa em relação ao sistema construtivo tradicional (Mateus, 2004).

## 4.1. Definição e Antecedentes

O LSF é um sistema construtivo assente sobre bases lógicas e racionais. Diferencia-se dos restantes sistemas por apresentar uma estrutura composta por perfis de aço galvanizado e enformados a frio. Também se distingue por permitir uma rápida execução e a construção a seco (Santiago et al., 2012).

A denominação “*Light Steel Framing*” pode ser dividida em duas componentes: “*Light Steel*” e “*Framing*”:

➤ “*Light Steel*”: refere-se ao material utilizado pelo sistema construtivo - perfis de aço com baixa massa e bom comportamento estrutural. Estas características devem-se à reduzida espessura da chapa de aço utilizada no seu processo de fabrico (Rodrigues, 2006; Santiago et al., 2012);

➤ “*Framing*”: com origem na palavra da língua inglesa “*frame*” (Porto Editora, 2005). É processo de junção e articulação de elementos estruturais, com o intuito de suportar e dar forma a uma edificação (Rodrigues, 2006). Também é definido como “esqueleto” estrutural (Figura 4.1) baseado na repetição e conexão dos diferentes elementos horizontais e verticais que compõem a estrutura (Santiago et al., 2012).

Então, o LSF pode ser entendido como um esqueleto formado por elementos estruturais individuais ligados entre si, resistindo, assim, às cargas exercidas pelo edifício como um todo (Santiago et al., 2012; ConsulSteel, 2002). Trata-se de um sistema vocacionado essencialmente à construção de habitações, composto por vários elementos e subsistemas. É um sistema livre e flexível, permitindo a utilização de diversos materiais e revestimentos, sem grandes restrições ao nível do projeto. Proporciona, também, uma racionalização e otimização dos recursos utilizados em obra (Jardim & Campos, n.d.; Crasto, 2005).



**Figura 4.1:** Exemplos de esqueletos estruturais de habitações em LSF. Fonte: Futureng, 2014.

A história deste sistema inicia-se nos Estados Unidos da América entre 1810 e 1860, com a expansão do território e aumento da população, fatores que levaram ao aumento da procura de habitação. Começaram, assim, a utilizar-se sistemas construtivos com origem e fundamento lógico no “*Framing*”. Primeiro registou-se o uso do sistema construtivo “*Wood*

*Framing*”<sup>2</sup> (Figura 4.2 a)), devido à grande quantidade de madeira disponível para construção (CFSEI, 2014; Rodrigues, 2006; Santiago et al., 2012).

Em 1933 é apresentada na Feira Mundial de Chicago (*“Chicago Century of Progress Exposition”*) a primeira habitação totalmente projetada e construída em LSF (Figura 4.2 b)). Da autoria do arquiteto Howard T. Fisher, este protótipo apresentava uma estrutura em perfis de aço em substituição dos elementos em madeira, característicos do *“Wood Framing”* (CFSEI, 2014).

Durante a II Guerra Mundial registou-se um grande desenvolvimento tecnológico na indústria metalúrgica, mas esta cingiu-se aos fins bélicos. Com o fim da guerra, as indústrias metalúrgicas abrem portas à produção de aços para construção civil, possibilitando o crescimento quantitativo e qualitativo da construção em LSF.

Nos Estados Unidos da América e Japão, o LSF começou a ser utilizado na construção de habitações para os soldados que regressavam aos seus países de origem (Figura 4.2 c)) e na reconstrução de cidades bombardeadas durante a guerra (Santiago et al., 2012; ConsulSteel, 2002; CFSEI, 2014; Lustron Preservation, 2014).

A interdição à exploração madeireira das florestas mais antigas dos Estados Unidos da América em 1980 e o aumento das taxas das seguradoras sobre as construções em *“Wood Framing”* em 1992, levaram ao destaque das construções em LSF no mercado imobiliário norte-americano (CFSEI, 2014).

O LSF apresenta-se como uma evolução do *“Wood Framing”*, incorporando todos os componentes e subsistemas necessários à construção de um edifício. Apesar dos elementos utilizados na sua construção possuírem dimensões e secções definidas e padronizadas, este sistema construtivo apresenta grande flexibilidade no desenho de espaços e volumes (CSSBI, 2005; Rego, 2012; CFSEI, 2014).



**Figura 4.2:** a) habitação em *“Wood Framing”*. Fonte: Case Construction Co, 2012; b) protótipo de Howard T. Fisher. Fonte: Crasto, 2005; c) *“Lustron Homes”*, casa para soldados. Fonte: Lustron Preservation, 2014.

---

<sup>2</sup> *“Wood Framing”*: sistema construtivo que tem como elemento estrutural a madeira. O seu uso predomina nos Estados Unidos da América, Canadá e países do norte da Europa (Santiago et al., 2012; Case Construction Co, 2012).

Uma estrutura em LSF é constituída por vários componentes estruturais - fundações, paredes, lajes e cobertura - que funcionam como um todo. Estes componentes são compostos pela repetição de perfis metálicos, alinhados vertical e horizontalmente, de modo a facilitar a distribuição uniforme das cargas e esforços inerentes ao edifício: “*in-line framing*” (Figura 4.3). Com base no conceito de “*in-line framing*”, cada perfil metálico que compõe a estrutura está sujeito a uma pequena parte da carga total (CSSBI, 2005; ConsulSteel, 2002; Rodrigues, 2006).

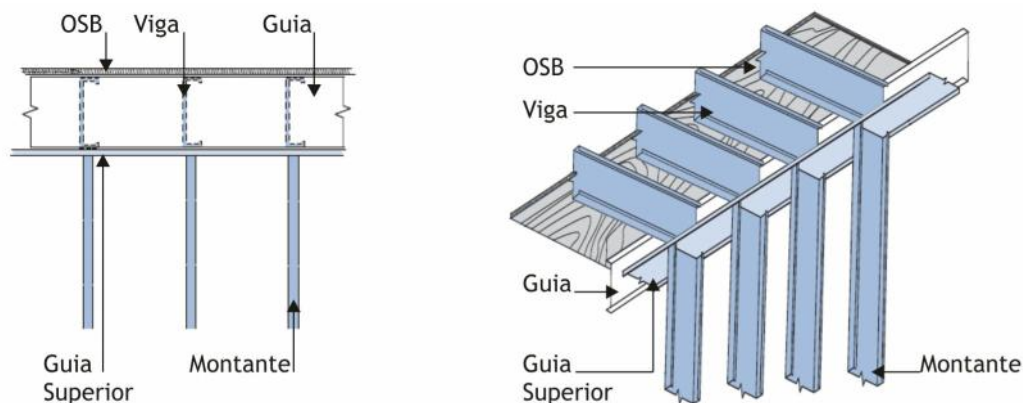


Figura 4.3: “*In-line framing*” (vista e perspectiva). Adaptado de: CSSBI, 2005.

## 4.2. Normalização e Regulamentação

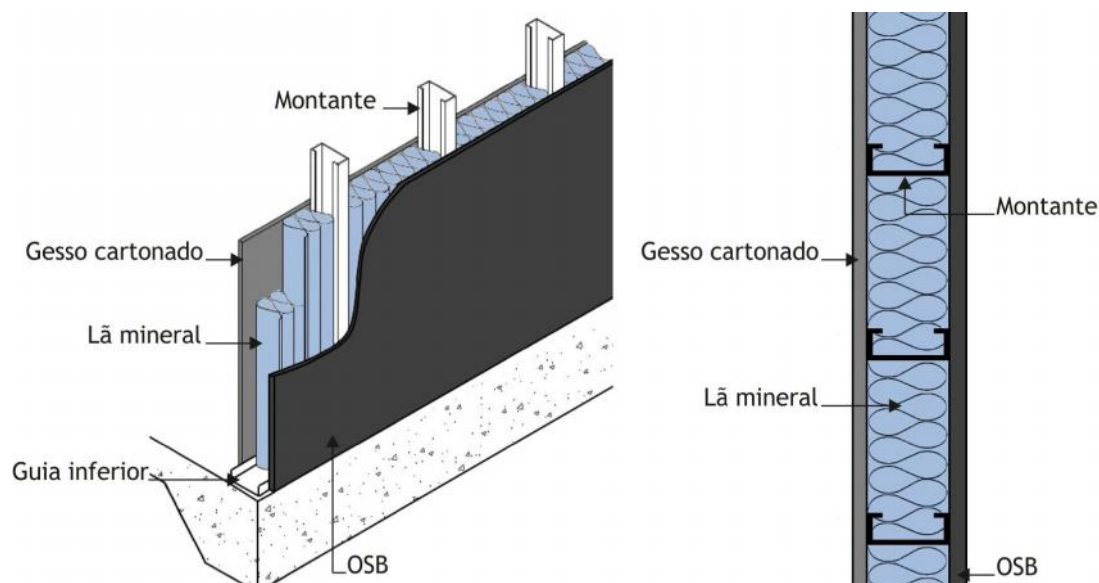
A entidade pioneira na normalização e regulamentação do LSF foi a *American Iron and Steel Institute*. Esta entidade criou normas e regulamentos de referência, que posteriormente foram utilizados pelos diversos países e entidades regulamentadoras como base, quer na criação dos seus próprios regulamentos, quer na sua simples adaptação às suas necessidades (Rhodes & Shanmugan, 1995).

Em Portugal, o Regulamento de Estruturas de Aço para Edifícios aprovado pelo Decreto-Lei N°211/86, de 31 de Julho, rege o projeto e dimensionamento de estruturas metálicas, porém encontra-se tecnicamente desatualizado. Atualmente, os arquitetos e engenheiros seguem as normas estabelecidas pelos Eurocódigos Estruturais. Estes vigoram na UE e uniformizam as regras de cálculo e dimensionamento dos diversos tipos de estruturas. As estruturas em LSF são regulamentadas pelo “Eurocódigo Estrutural 3: Projeto de Estruturas em Aço”, mais concretamente pela subparte “EN 1993-1-3 Elementos e chapas finas enformadas a frio” (Simões, 2007; Futureng, 2014).

### 4.3. Materiais

Os materiais que compõem uma estrutura em LSF podem ser divididos consoante a sua solicitação estrutural em materiais estruturais e materiais não estruturais.

Como materiais estruturais, utilizam-se os perfis de aço galvanizado, enformados a frio e as placas OSB. No que toca aos materiais não estruturais, utilizam-se as lãs minerais e o gesso cartonado (Figura 4.4) (Allen & Thallon, 2011).



**Figura 4.4:** Parede tipo (perspetiva e vista). Adaptado de : CSSBI, 2005.

A utilização do OSB como revestimento estrutural e o preenchimento da parede com lã mineral permite a utilização de diversos materiais e acabamentos para o exterior da construção (Figura 4.5) (LSK, 2005).



a) Reboco

b) Tijolo cerâmico

c) Madeira

**Figura 4.5:** Exemplos de acabamentos exteriores. Fonte: Futureng, 2014.

### 4.3.1. Materiais Estruturais

#### Perfis de Aço Galvanizado Enformado a Frio

Os perfis de aço galvanizado e enformado a frio são o elemento chave no sistema construtivo LSF. São peças fabricadas a partir de uma chapa de aço com uma espessura bastante reduzida que, após ser revestida com zinco (galvanização), ganha forma através do método de conformação a frio (Rhodes & Shanmugan, 1995; Mascarenhas, 2007).

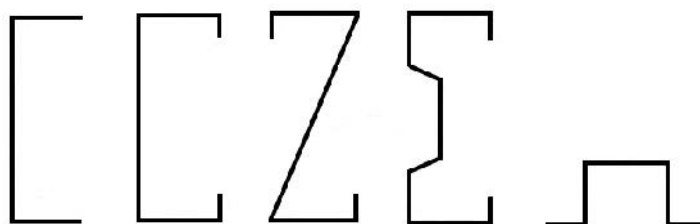
São utilizados em todos os tipos de construções: como elementos estruturantes, no caso das habitações, ou como elementos secundários, no caso de edifícios de grande dimensão. Esta vasta utilização deve-se às propriedades favoráveis do material de fabrico dos perfis, o aço (Santiago et al., 2012; Yu, 2000).

*«Galvanized steel has been used successfully for over 50 years in light steel framing and other components in housing and low-rise residential buildings in Australia, Japan, France the USA and Canada.»* (Popo-ola et al., 2000).

#### ➤ Tipos e secções

Os perfis utilizados no LSF são padronizados e normalizados por diferentes normas, conforme o tipo de chapa de aço galvanizado que os originou. Assim, os perfis enformados a partir de chapas de aço galvanizado S280GD obedecem à Norma Europeia (*“Normes Européennes”* - EN) EN 10326 e os perfis enformados a partir de chapas de aço galvanizado Gx51D aferem à norma EN 10327 (Perfisa, 2011).

Devido ao processo de enformação a frio é possível obter varias secções de perfil, sendo mais usais as secções em C, U, Z,  $\Sigma$  e  $\Omega$  (ómega) (Figura 4.6). Na Tabela 5, estabelece-se a relação entre o tipo de secção do perfil e o papel desempenhado pelo perfil na estrutura da construção (Moreira, 2012).



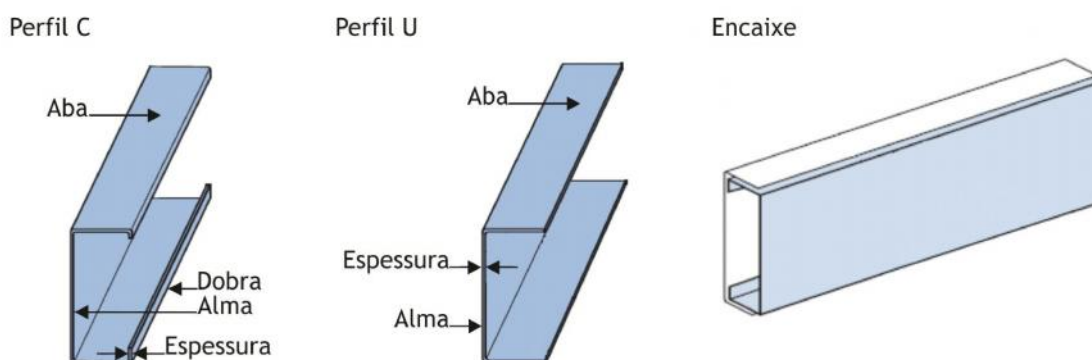
**Figura 4.6:** Secções dos perfis U, C, Z,  $\Sigma$  e  $\Omega$  (ómega). Fonte LSK, 2005.



**Tabela 4.1:** Tipos de secção e função associada. Fonte: Júnior, 2012; Vivan, 2011; LSK, 2005; Perfisa, 2011; Modular, 2012; Uralita, 2008.

Tipo de secção	Função	
	Tipo	Aplicação
C90; C110; C130; C150; C170; C200; C250	Montante Viga	Usados na composição das paredes, pisos e asnas de cobertura, na composição de perfis complexos. Também como reforço das aberturas de vãos, bloqueadores e reforço de conexões. Dimensionados e utilizados de forma a absorver os esforços estruturais.
Σ200; Σ250	Viga	Usados na composição estrutural dos pisos e asnas de cobertura.
U93; U113; U133; U153; U174; U204; U255	Guia	Base e topo das paredes; Usados na composição de perfis complexos, emendas, bloqueadores e definição de aberturas de vãos; Não transmitem e nem absorvem esforços estruturais.
Z55; Z90	Ripa	Utilizado com ripa/apoio na composição da cobertura; Perfil com menos exigência estrutural.
Ω50; Ω70; Ω90; Ω100; Ω120; Ω150	Ripa	Utilizado com ripa/apoio na composição da cobertura; Perfil com menos exigência estrutural.

Os perfis com secção tipo U (guias) estão padronizados e dimensionados de forma que seja possível o encaixe dos perfis C (montante) no seu interior. Como ilustrado na Figura 4.7, os perfis U são compostos somente pela alma e aba, e os perfis C pela alma, aba e borda (Crasto, 2005; ConsulSteel, 2002; CSSBI, 2005).

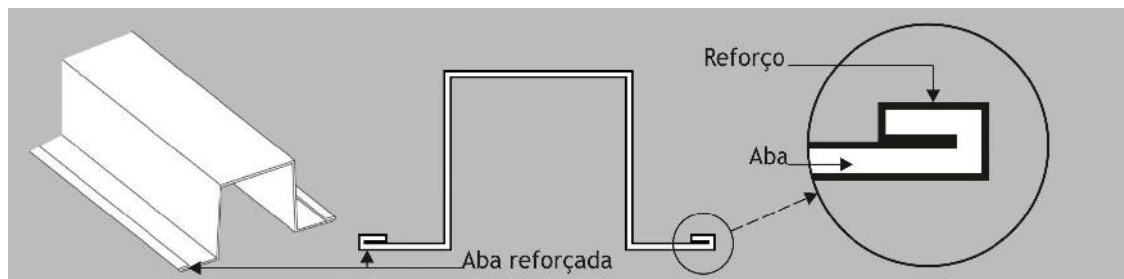
**Figura 4.7:** Composição e encaixe dos perfis C e U. Adaptado de: CSSBI, 2005.

Contudo, os tipos de secção supracitados representam uma recolha geral de várias referências bibliográficas, não significando que estes produtos estejam presentes em todos os países que utilizam este sistema construtivo. Em Portugal a oferta destes produtos ainda se encontra limitada. A empresa Perfisa S.A., principal fornecedora destes produtos a nível nacional, não apresenta no seu catálogo os perfis tipo Z, nem a vasta gama de perfis tipo Ω (Moreira, 2012; Perfisa, 2011). Para colmatar essa falta, esta empresa apresenta apenas quatro tipos de perfis Ω, em que dois apresentam as abas reforçadas (Figura 4.8) (Perfisa, 2011).

Informações complementares sobre os perfis são apresentadas no Anexo A.

Os comprimentos dos perfis disponibilizados no mercado estão dependentes da envergadura da máquina de quinar ou perfilar utilizada. A dimensão mais comum é a de 3m, fazendo com

que o perfil seja mais prático de transportar, manusear e mais adequado ao pé-direito das habitações. No entanto, estão disponíveis no mercado perfis até aos 12m de comprimento (Moreira, 2012; Perfisa, 2011).

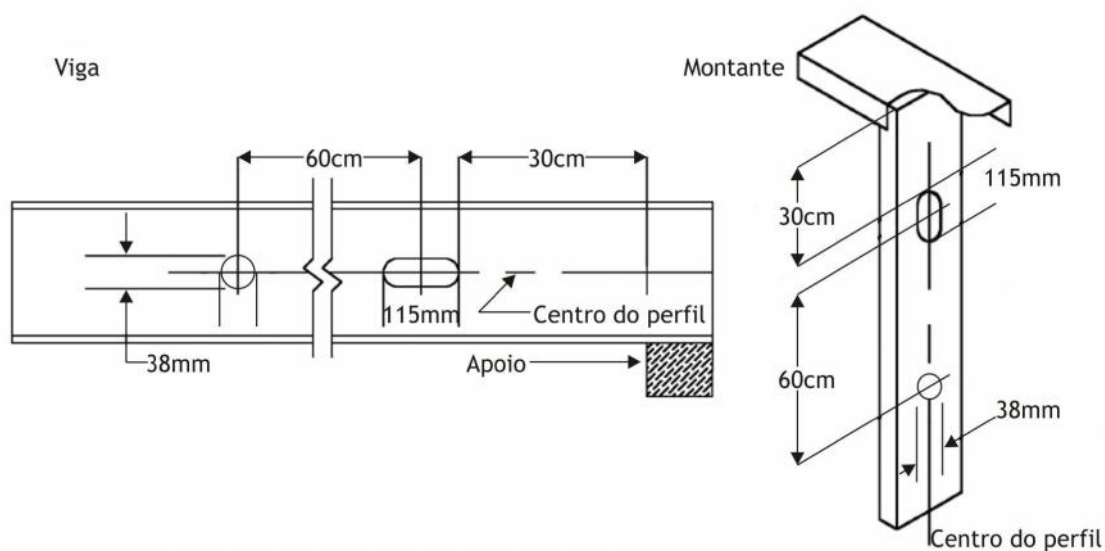


**Figura 4.8:** Perfil  $\Omega$  com abas reforçadas (perspetiva e vista). Adaptado de: Perfisa, 2011.

#### ➤ Aberturas e orifícios

Para a instalação das infraestruturas de abastecimento do edifício, os perfis metálicos apresentam pequenas aberturas ou orifícios na alma. Estas aberturas podem ser de dois tipos:

**a) Aberturas sem reforço:** aberturas padronizadas, realizadas em fábrica. São circulares ou elípticas, com diâmetro máximo de 38mm (circulares) ou comprimento máximo de 115mm (elípticas). Estas não devem cortar as abas ou esquinas do perfil e devem estar posicionadas conforme apresentado na Figura 4.9 (Futureng, 2014; Santiago et al., 2012; ConsulSteel, 2002).



**Figura 4.9:** Abertura sem reforço, dimensões e posicionamento (viga em vista e montante em perspetiva). Adaptado de: ConsulSteel, 2002.

**b) Aberturas com reforço:** realizadas em obra, respondem às necessidades específicas de cada projeto. Além de cumprirem as distâncias de espaçamento das aberturas sem reforço (Figura 4.10), a sua largura não deve ultrapassar metade da largura da alma do perfil. O comprimento da abertura será no máximo 110mm ou o equivalente à largura da alma,

conforme qual seja maior. Estas aberturas devem ser reforçadas com chapa metálica com propriedades mecânicas e espessura igual à do perfil (Futureng, 2014; Santiago et al., 2012; ConsulSteel, 2002).

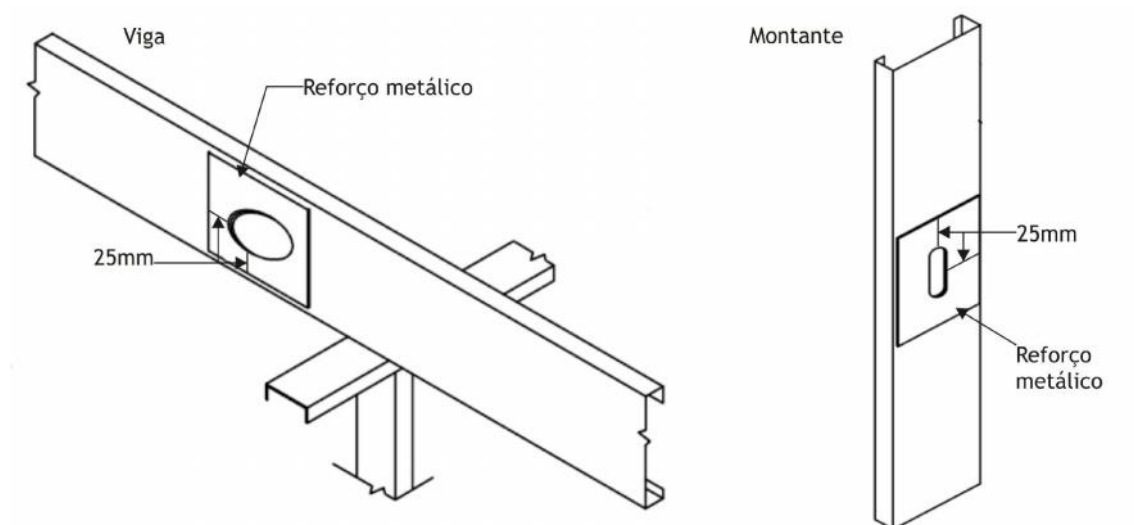


Figura 4.10: Abertura com reforço, viga e montante. Adaptado de: ConsulSteel, 2002.

#### ➤ Ligação e fixação

A ligação dos elementos de uma estrutura em LSF é um dos fatores mais determinantes de toda a estabilidade da estrutura. O tipo de ligação também pode influenciar o custo final da obra - quanto mais simples e eficaz for o sistema, menor será o tempo despendido na montagem dos elementos e, conseqüentemente, menor será a mão-de-obra necessária. Os sistemas de ligação também influenciam a durabilidade esperável da estrutura (Moreira, 2012; Elhajj, 2004; LSK, 2005).

A escolha do tipo de ligação ou fixação depende do local de montagem e mão-de-obra, tipo de material a conectar e resistência da conexão, disponibilidade e custo (Elhajj, 2004).

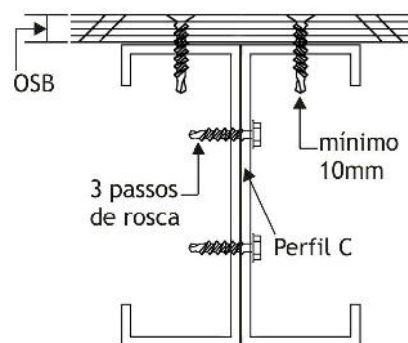
Os perfis de aço galvanizado e enformados a frio podem ser ligados ou fixados através de: soldadura, parafusos, rebites, cavihas, colagem e “*clenching*”. Nem todos estes métodos são aplicáveis em obra, restringindo, assim, a utilização de alguns métodos ao uso em fábrica. A aplicação de parafusos é o método mais utilizado em obra, devido ao fácil manuseamento e à rapidez de aplicação (LSK, 2005).

**a) Soldadura:** este método é geralmente limitado ao uso em fábrica, por questões de controle de qualidade e economia de recursos em obra.

Através de soldadura, por pontos ou contínua, é possível conectar perfis de aço galvanizado. Este método é uma alternativa econômica e eficiente para a montagem de painéis, asnas de cobertura e elementos treliçados em fábrica (LSK, 2005; Rego, 2012).

b) **Parafusos:** os perfis metálicos utilizados na estrutura em LSF podem ser aparafusados entre si através de parafusos auto-roscantes ou auto-brocantes, não sendo necessária a utilização de porcas e furação prévia (LSK, 2005).

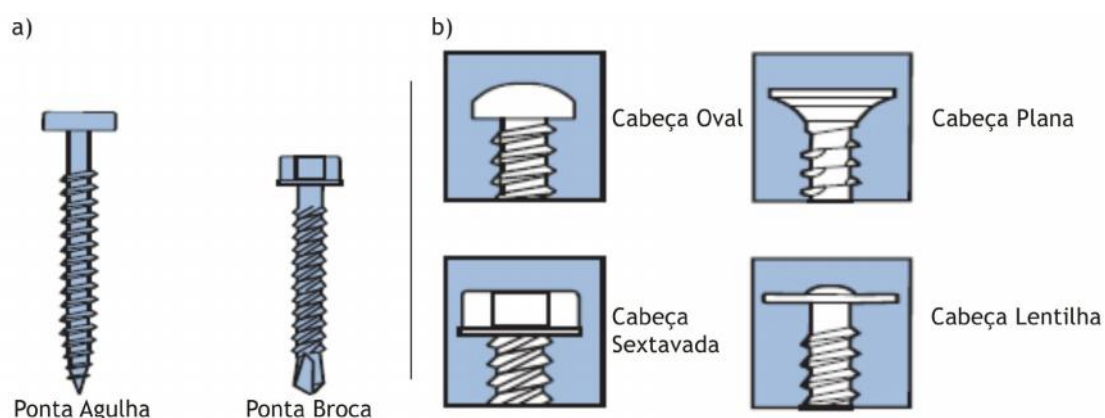
Existem também algumas recomendações de como devem ser aplicados os parafusos, isto é, nas conexões entre perfis metálicos, os parafusos devem ultrapassar a última camada a conectar no mínimo três voltas ou passos de rosca (Figura 4.11). Nas conexões entre painéis de revestimento e perfis metálicos, os parafusos devem ultrapassar a última camada no mínimo 10mm (Figura 4.11) (Futureng, 2014; ConsulSteel, 2002; NASFA, 2000).



**Figura 4.11:** Trespasse dos parafusos. Adaptado de: NASFA, 2000.

Os parafusos podem ser classificados consoante o tipo de ponta e o tipo de cabeça (Figura 4.12). Em relação ao tipo de ponta existem duas morfologias: ponta tipo agulha e ponta tipo broca. Os parafusos com ponta tipo agulha devem ser aplicados nas conexões de perfis não estruturais, com espessuras de chapa inferiores a 0,84mm. Os parafusos com ponta tipo broca devem ser aplicados nas conexões de perfis estruturais, com espessura de chapa superior (Elhajj, 2004).

Quanto ao tipo de cabeça, existem quatro essenciais: cabeça sextavada, cabeça lenticilha, cabeça oval e cabeça plana (Figura 4.12).



**Figura 4.12:** a) tipos de ponta; b) tipos de cabeça. Adaptado: CSSBI, 2005.

O tipo de cabeça define que tipo de parafuso utilizar em cada conexão. Na Tabela 4.2 é estabelecida a relação entre tipo de cabeça e conexão (Rego, 2012; Santiago et al., 2012).

**Tabela 4.2:** Tipos de cabeça e aplicações. Adaptado de: Rego, 2012; Santiago et al., 2012.

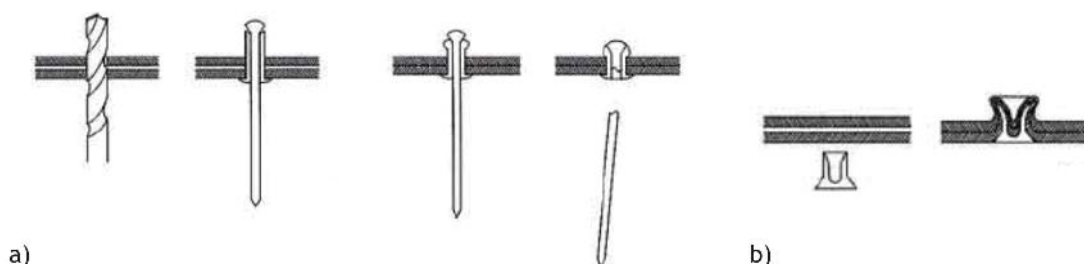
Tipo de cabeça	Aplicação	Observações
Lentilha	Ligações simples metal/metal.	A cabeça em lentilha permite fixar os perfis metálicos sem uso de anilhas e sem criar ressalto significativo.
Sextavada	Ligações entre paredes estruturais e asnas de cobertura.	A cabeça sextava impede o revestimento posterior com painéis de revestimento, sendo utilizado pelo interior dos perfis.
Oval	Fixação de painéis de revestimento.	A cabeça oval não permite uma total penetração no material - cria ressalto.
Plana	Fixação de painéis de revestimento.	A cabeça plana permite uma total penetração no material, sem criar ressalto.

**Nota:** o tipo de ponta é definido consoante a espessura da chapa metálica.

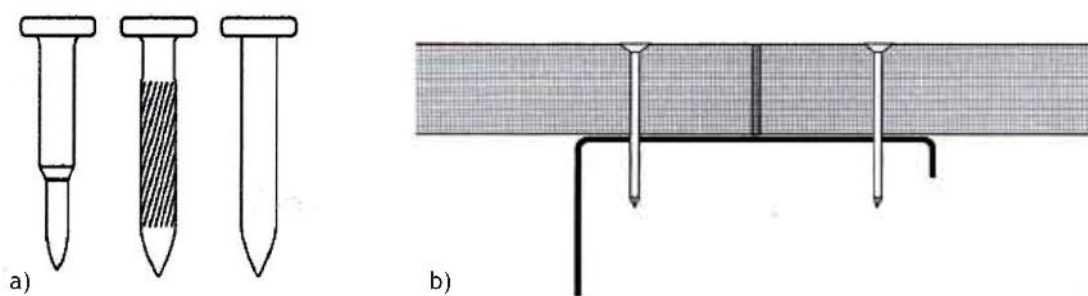
c) **Rebites:** existem dois métodos de fixação por rebite na construção em LSF, o rebite cego e o rebite de pressão ou percussão (Figura 4.13). Ambos asseguram a fixação dos elementos através da deformação do elemento conector, o rebite.

O rebite cego é aplicado apenas com acesso pela face exterior do perfil, exigindo assim furação prévia. Este método de rebitagem não é muito utilizado em obra, pois a necessidade de furação prévia torna todo o processo dispendioso e demorado.

O rebite de pressão exige o acesso às duas faces, exterior e interior, do perfil. Embora não necessite de furação prévia, este método revela pouca praticabilidade em obra e a sua utilização resume-se à execução de componentes em fábrica (LSK, 2005).

**Figura 4.13:** a) rebite cego; b) rebite de pressão. Fonte: LSK,2005.

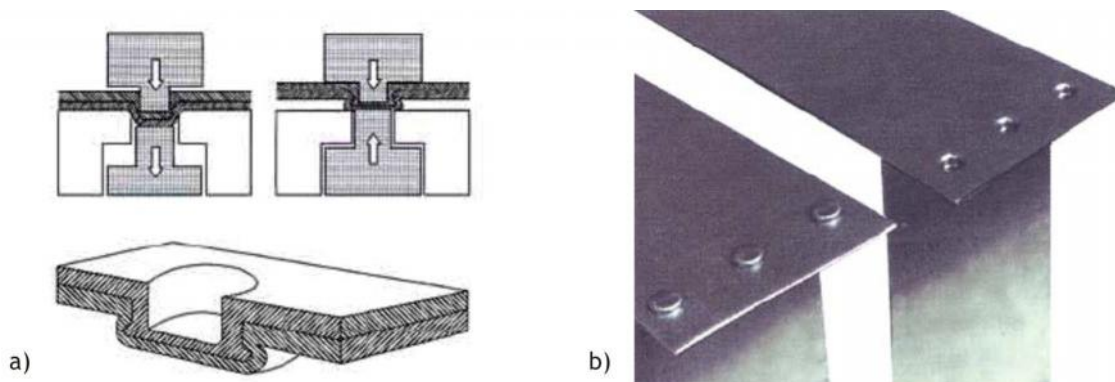
d) **Cavilhas:** este tipo de fixação não é muito comum na execução de estruturas em LSF e a sua aplicação é maioritariamente na fixação dos painéis de revestimento (Figura 4.14). A aplicação de cavilhas chega a ser 10 vezes mais rápida que a aplicação de parafusos. No entanto, o custo total da aplicação de cavilhas pode ser 5 vezes superior ao custo da aplicação de parafusos, pois torna-se necessário aplicar um maior número de cavilhas, em relação ao número de parafusos, para obter igual resistência de fixação (LSK, 2005; Moreira, 2012).



**Figura 4.14:** a) cavilhas; b) fixação dos painéis de revestimento à estrutura metálica através de cavilhas. Fonte: LSK, 2005.

e) **Colagem:** utilizado em conjunto com outros sistemas de fixação, a fixação através de colagem e sistemas adesivos permite uma redução das vibrações dos elementos, como por exemplo quando aplicada na fixação do revestimento estrutural nas lajes secas (LSK, 2005).

f) **“Clinching”:** através da deformação dos perfis a conectar, este método dispensa a utilização de elementos extra como parafusos ou rebites. Com este método de fixação é possível criar uniões perfeitas e sem ressaltos, além da vantagem de não implicar o uso de consumíveis, este método representa um grande potencial para a produção de estruturas em LSF (Figura 4.15). A grande desvantagem deste método reside na dimensão e praticabilidade do equipamento em obra (LSK, 2005).



**Figura 4.15:** a) "clinching"; b) perfis metálicos conectados através do "clinching". Fonte: LSK, 2005.

## Revestimento Estrutural

Para que todos os perfis estruturais funcionem como um só elemento, é necessário dotar a estrutura com um revestimento que solidifique e interligue todos os elementos. O revestimento em questão permite a distribuição das cargas da cobertura, laje e paredes, encaminhando-as até à fundação (Santiago et al., 2012; ConsulSteel, 2002; CSSBI, 2005).

Entre os diversos revestimentos estruturais a utilizar, encontramos o contraplacado marítimo, os painéis compósitos de partículas de madeira e cimento, e as placas de OSB (Moreira, 2012; ConsulSteel, 2002; Santiago et al., 2012).



As placas de OSB são as que registam uma maior aplicação, devido ao seu comportamento térmico e acústico, fácil aplicação, versatilidade, sustentabilidade e preço (Futureng, 2014; ConsulSteel, 2002).

### Placas de Partículas Orientadas (“*Oriented Strand Board*” - OSB)

As placas de OSB são formadas a partir de lascas de madeira prensadas e coladas, com orientações inversas (En 300, 1997). Provenientes de madeira de reflorestamento, como o pinho, as lascas são misturadas com cera e resinas, melhorando a sua resistência à humidade. Posteriormente são dispostas em camadas com orientação inversa às camadas adjacentes (Figura 4.16 e 4.17) e prensadas a altas temperaturas (Futureng, 2014; Vivan, 2011; Senft, 1995).

As lascas utilizadas no fabrico das placas de OSB têm comprimento mínimo de 5cm, podendo chegar aos 10cm, e espessura mínima de 2mm (En 300, 1997). Podem apresentar entre três a cinco camadas de lascas, conforme a espessura da placa (Allen & Thallon, 2011).

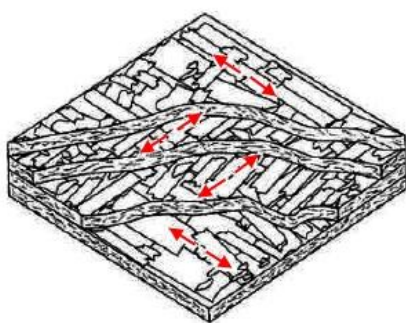


Figura 4.16: Esquema de camadas das placas de OSB. Fonte: Rego, 2012.



Figura 4.17: Placas de OSB. Fonte: Jular, 2010.

As placas de OSB podem ser categorizadas e classificadas conforme a sua finalidade, resistência, condições higrométricas<sup>3</sup> e espessura, sendo que a norma EN 300, que vigora em Portugal, classifica o OSB da seguinte forma:

- OSB/1 - para usos gerais, decoração interior e mobiliário em ambiente seco;
- OSB/2 - para fins estruturais em ambiente seco;
- OSB/3 - para fins estruturais em ambiente húmido;
- OSB/4 - para fins estruturais especiais em ambiente húmido (En 300, 1997).

O Eurocódigo 5-1-1 define “ambiente seco” como classe de serviço 1, com humidade relativa superior a 65% à temperatura ambiente de 20°C, e “ambiente húmido” como classe de serviço 2, com humidade relativa superior a 85% à temperatura ambiente de 20°C (IPQ, 2000).

---

<sup>3</sup> **Condições higrométricas:** relativo à resistência da placa de OSB à humidade da atmosfera (Infopédia, 2014).

As placas de OSB utilizadas no sistema LSF correspondem às classes OSB/3 e OSB/4. São utilizadas como revestimento estrutural das paredes, pisos e coberturas, tendo a espessura mínima de 11mm para as paredes e 18mm para os pisos e coberturas (Moreira, 2012; Futureng, 2014; Jular, 2010).

São aplicadas diretamente sobre a estrutura metálica (Figura 4.18 a)) e devem ser protegidas da humidade exterior. Esta proteção pode ser feita por uma manta de polietileno de alta densidade, revestindo toda a área exterior das placas (Figura 4.18 b)). Assim, a parede torna-se estanque à humidade exterior e em simultâneo permite a dissipação da humidade interior, evitando condensações internas (Crasto, 2005; Rego, 2012).



**Figura 4. 18:** a) aplicação das placas de OSB sobre a estrutura em LSF; b) aplicação da manta de polietileno sobre as placas de OSB. Fonte: Futureng, 2014.

#### 4.3.2. Materiais Não Estruturais

##### Gesso Cartonado

O revestimento interior não adiciona resistência à estrutura. Tem como principal pressuposto a ornamentação, garantindo uma superfície homogênea e um espaço agradável, deixando a estrutura escondida. Como revestimento interior, podem ser utilizadas placas de gesso cartonado ou gesso laminado (Futureng, 2014; ConsulSteel, 2002; Crasto, 2005).

A aplicação de gesso cartonado como revestimento interior apresenta vantagens, como por exemplo:

- Baixo custo e rapidez de instalação;
- Possibilidade de ser pintado ou revestido com outro material;
- Grau elevado de durabilidade, pois é física e quimicamente estável;
- Bom comportamento térmico e acústico;
- Material corta-fogo, inflamável;
- Possibilita a absorção da humidade (Allen & Thallon, 2011; Rego, 2012).



Com origem no minério de gipsite, o gesso, durante o processo de transformação em placas, recebe aditivos e água para melhorar a sua consistência. Posteriormente, a massa de gesso é conformada em placas e revestida com cartão nas duas faces (Júnior, 2012; Mascarenhas, 2007).

Além da placa normalizada de gesso cartonado, gesso e cartão, estão disponíveis no mercado placas melhoradas para se adequarem às necessidades de cada espaço (Moreira, 2012; Allen & Thallon, 2011).

Os melhoramentos de desempenho das placas de gesso cartonado são vários, destacando-se os seguintes:

a) **Proteção contra fogo:** são incorporadas fibras de vidro à massa de gesso ou, em casos particulares, as camadas de cartão são substituídas por películas de fibra de vidro. Também podem ser incluídas camadas metálicas no núcleo da placa;

b) **Hidrófugos:** são incorporados repelentes de água à massa de gesso e ao cartão;

c) **Eficiência térmica e acústica:** são incorporadas camadas de lã de rocha, lã de vidro ou poliestireno (expandido ou extrudido);

d) **Resistência:** apresenta um núcleo de gesso mais denso e camadas de cartão mais espessas;

e) **Controlo de vapor:** é acrescentado uma película de alta resistência à difusão de vapor (Moreira, 2012; Pladur Uralita, 2010).

As placas de gesso cartonado podem ser aplicadas diretamente sobre a estrutura metálica das paredes e sobre ripado (perfis  $\Omega$ ) dos tetos. As paredes interiores não estruturais podem ser executadas ou com os perfis metálicos utilizados nas paredes estruturais (Figura 4.19), ou com o subsistema construtivo tipo “drywall” (Figura 4.20) (Lima, 2008; Futureng, 2014; Knauf, 2011; ConsulSteel, 2002).



**Figura 4.19:** Aplicação de gesso cartonado sobre estrutura LSF. Fonte: Vivan, 2011.



**Figura 4.20:** Aplicação de gesso cartonado sobre estrutura “drywall”. Fonte: Knauf, 2011.

## Lã Mineral

Procedente de depósitos vulcânicos, a lã mineral é uma solução para questões de eficiência térmica e acústica de um edifício (Futureng, 2014; Feng et al., 2003).

As lãs minerais são produtos de baixa e média densidade, compostos por fibras, sendo disponibilizadas na forma de mantas, placas rígidas, aglomerados e flocos (Pinto, 2008; Moreira, 2012).

De utilização corrente, podemos considerar três tipos de lãs minerais (Figura 4.21):

- Lã de rocha - obtida a partir de rochas basálticas;
- Lã de vidro - obtida a partir da sílica;
- Mantas cerâmicas - formadas a partir de fibras sílico-aluminosas (Moreira, 2012; Pinto, 2008; Feng et al., 2003).



a) Lã de rocha



b) Lã de vidro



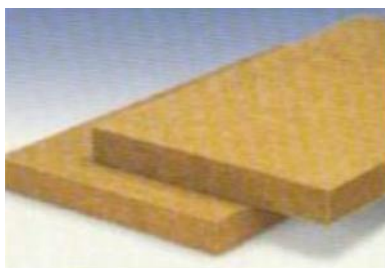
c) Manta cerâmica

**Figura 4.21:** Três tipos de lãs minerais. Fonte: Pinto, 2008.

Apesar dos três tipos de lã mineral oferecerem bom desempenho térmico e acústico e bom comportamento perante o fogo, a lã de rocha é a que regista maior utilização na construção em LSF (Moreira, 2012; Futureng, 2014; Pinto, 2008).

Com a mesma *performance* da lã de vidro, a lã de rocha tem a vantagem do seu manuseamento não ser igualmente perigoso (Rego, 2012; Feng et al., 2003).

Durante o seu processo de fabrico, rochas basálticas são aquecidas, fundidas e através da centrifugação são transformadas em fibras. Posteriormente são incorporadas resinas e óleos impermeabilizantes às fibras, transformando-se em lã. Dependendo do tratamento final a lã de rocha poderá ser flexível ou rígida (Figura 4.22) (Futureng, 2014; Moreira, 2012).



a) Painéis rígidos



b) Flocos



c) Manta

**Figura 4.22:** Tipos de apresentação da lã de rocha. Fonte: Pinto, 2008.

A lã de rocha é aplicada nas estruturas em LSF de forma a preencher os espaços vazios entre perfis, seja em paredes, lajes ou cobertura. Isto permite obter paredes com espessuras reduzidas. Permite ainda reforçar o isolamento térmico e acústico quando aplicado outro sistema, e.g. isolamento térmico de fachadas pelo exterior (Futureng, 2014; LSK, 2005).

A Tabela 4.3 estabelece a relação entre o tipo de lã de rocha e o local de aplicação.

**Tabela 4.3:** Relação entre local de aplicação e tipo de lã de rocha a aplicar. Adaptado de: Pinto, 2008; LSK, 2005.

Local	Tipo de lã de rocha	Observações
Verticais/inclinados (paredes e cobertura)	Manta ou painéis rígidos.	Devido à fraca consistência da manta, esta pode deslizar e criar espaços sem isolamento, sendo necessário agrafar a manta aos painéis OSB. Para evitar o deslizamento pode ser utilizada lã de rocha na forma de painéis rígidos (Figura 4.23 a)).
Horizontais (lajes)	Manta, painéis rígidos ou flocos.	Esta zona de aplicação não exige nenhum tipo de consistência da lã de rocha. Porém sendo este um local com difícil acesso, a aplicação da lã de rocha na forma de flocos é a mais usual (Figura 4.23 b)).



**Figura 4.23:** a) aplicação de painéis de lã de rocha; b) aplicação de flocos de lã de rocha. Fonte: Allen & Thallon, 2011.

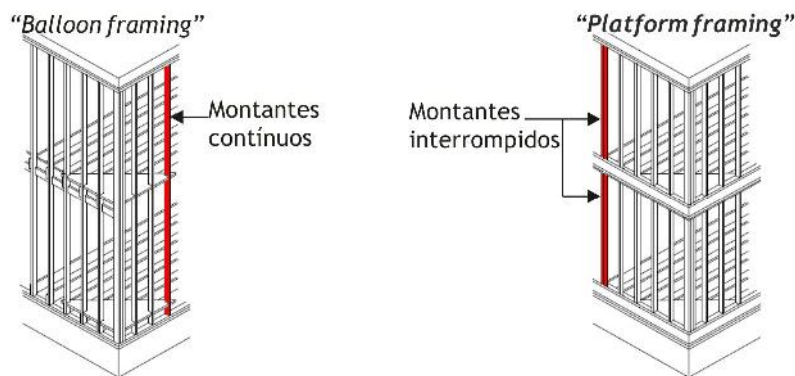
## 4.4. Componentes Estruturais

### 4.4.1. Métodos de Construção

No sistema construtivo LSF existem dois métodos de montagem estrutural do edifício: “*balloon framing*” e “*platform framing*” (Figura 4.24) (Santiago et al., 2012).

➤ “**Balloon framing**”: neste método de montagem as paredes estruturais são contínuas, estendem-se desde as fundações até à cobertura. As lajes intermédias são fixas à face interior das paredes estruturais;

➤ “**Platform framing**”: apresenta-se como uma evolução do “*balloon framing*”, sendo considerado mais seguro e eficiente que o seu antecessor. Toda a estrutura é construída piso a piso. A estrutura da laje intermédia apoia sobre as paredes estruturais do primeiro piso e as paredes estruturais do segundo piso sobre a estrutura da laje (Fine Homebuildins, 2005; Anderson, 2002; LSK, 2005).



**Figura 4.24:** Métodos de montagem estrutural de um edifício em LSF. Fonte: ConsulSteel, 2002.

Com base nas duas modalidades de montagem estrutural descritas, uma construção em LSF pode ser executada em obra, por painéis ou por módulos.

a) **Construção em obra:** toda a estrutura é montada em obra, desde do corte de perfis à montagem das asnas (Figura 4.25). Esta metodologia construtiva facilita o transporte dos materiais e não necessita da existência de um local de pré-fabrico dos elementos. Porém, requer mão-de-obra mais especializada e mais tempo de montagem;

b) **Construção por painéis:** a estrutura do edifício é dividida em painéis que são construídos em fábrica (Figura 4.26). Assim, no local de construção somente se procede à sua montagem. Deste modo existe uma maior precisão dimensional e controlo de qualidade dos elementos, minimizando o trabalho decorrido em obra. No entanto, é necessário existir um local de pré-fabrico;

c) **Construção por módulos:** a estrutura do edifício é constituída por módulos pré-fabricados (Figura 4.27). Estes podem apresentar apenas a estrutura ou, ainda, todos os acabamentos interiores. Este método de construção baseia-se no método de montagem estrutural “platform framing” (Craeto, 2005; Scharrt, 1996; Homesteel, 1994).



**Figura 4.27:** Construção em obra. Fonte: Homesteel, 1994.



**Figura 4.26:** Construção por painéis. Fonte: Veljkovic & Johansson, 2006.



**Figura 4.25:** Construção por módulos. Fonte: Veljkovic & Johansson, 2006.

Os processos e soluções construtivas que irão ser apresentados incidem sobre o método de montagem estrutural “platform framing” e construção em obra.

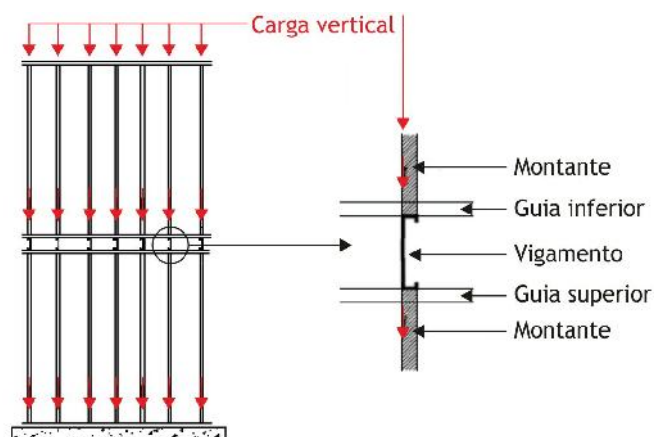
#### 4.4.2. “In-line framing”

A premissa estrutural deste sistema construtivo é a distribuição das cargas pelos vários componentes encaminhando-as até às fundações. Assim, toda a estrutura é composta por vários perfis metálicos, que resistem a uma pequena parte da carga total (Rego, 2012; Santiago et al., 2012).

As paredes estruturais são o principal elemento vertical de distribuição das cargas, funcionando como meio de ligação e transporte entre cobertura e laje de piso até às fundações (CSSBI, 2005). Para que as cargas e esforços sejam distribuídos uniformemente por toda a estrutura, a modulação das paredes, lajes e cobertura, deve respeitar o princípio estrutural defendido pelo “in-line framing” (ConsulSteel, 2002).

Os perfis metálicos com solicitações estruturais distribuem as cargas e esforços por contacto direto com as vigas e asnas (Figura 4.28). Para tal, estes devem estar alinhados na vertical e na horizontal (Santiago et al., 2012). As vigas de laje devem coincidir com os montantes inferiores e superiores. Também as asnas de cobertura devem coincidir com os montantes que as suportam (CSSBI, 2005; ConsulSteel, 2002).

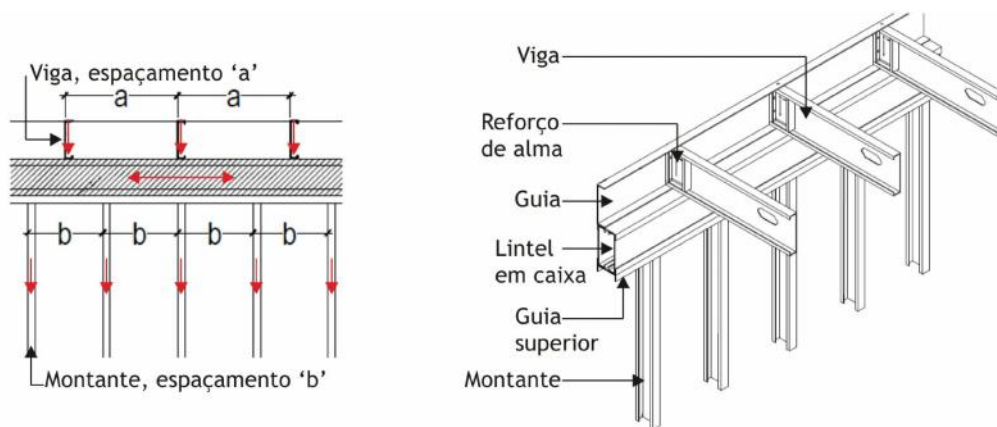
Como consequência, o espaçamento entre montantes será igual ao espaçamento entre vigas ou asnas. Desta forma, é necessário um grande rigor técnico na fase de projeto de uma estrutura em LSF, bem como um cuidado especial na escolha dos perfis metálicos a utilizar em cada componente estrutural (CSSBI, 2005; Santiago et al., 2012).



**Figura 4.28:** Distribuição das cargas na estrutura em LSF. Adaptado de: ConsulSteel, 2002.

Quando o espaçamento entre vigas difere do espaçamento entre montantes, não se verificando o princípio estrutural do “in-line framing”, deve ser colocado um lintel na extremidade superior da parede (Figura 4.29). O lintel em caixa servirá de apoio ao vigamento da laje, funcionando como elemento distribuidor horizontal da carga (ConsulSteel, 2002).





**Figura 4.29:** Lintel, elemento distribuidor horizontal das cargas (vista e perspectiva). Adaptado de ConsulSteel, 2002.

### 4.4.3. Fundações

#### Conceitos Gerais

As fundações devem garantir estabilidade permanente e acrescentar um coeficiente de segurança ao edifício que suportam (Carvalho & Pinheiro, 2009).

Na execução do projeto, a escolha do tipo fundação deve ter em conta o tipo de solo de suporte e nível freático, topografia, esforços exercidos pelo edifício, ação do vento e neve sobre o edifício (Carvalho & Pinheiro, 2009; Crasto, 2005; CSSBI, 2005).

No caso das estruturas LSF, as cargas são distribuídas uniformemente nas paredes estruturais, sendo necessária uma fundação contínua que suporte toda a extensão das paredes estruturais. Este tipo de estrutura apresenta um peso substancialmente inferior às estruturas comuns em betão, o que faz com que a sua fundação seja menos solicitada. Atualmente existem dois tipos de fundações adequadas a este tipo de construção, nomeadamente o ensoleiramento geral (Figura 4.30) e a sapata corrida (Figura 4.31) (Allen & Thallon, 2011; Scharrt, 1996; Terni et al., 2008).



**Figura 4.30:** Ensoleiramento geral. Fonte: Futureng, 2014.



Figura 4.31: Sapata corrida. Fonte: Futureng, 2014.

### Ensoleiramento Geral

As fundações de tipo ensoleiramento geral garantem um completo apoio às paredes estruturais. Caracteriza-se por ser uma laje contínua de betão pousada sobre o terreno e por ser utilizada como piso térreo, pelo que dispensa a construção de um piso em LSF (Allen & Thallon, 2011).

Da constituição do ensoleiramento geral fazem parte a laje e os lintéis de fundação, os quais aumentam a rigidez da laje no perímetro e nos alinhamentos das paredes estruturais (Figura 4.32) (Rego, 2012; Santiago et al., 2012).

É bastante utilizado, pois implica uma menor movimentação de terras e mão-de-obra de cofragem. Contudo, necessita de correta impermeabilização e isolamento térmico, aplicação prévia de todas as redes de abastecimento ao nível térreo e não é uma boa solução para terrenos com grandes desníveis (Carvalho & Pinheiro, 2009).

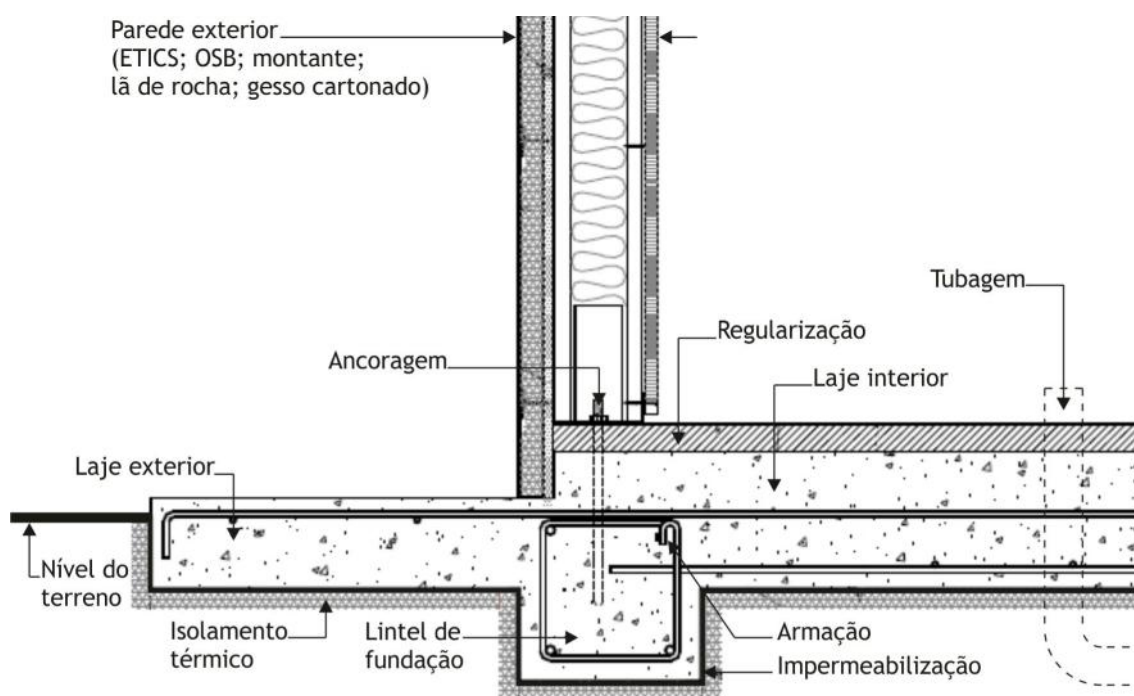


Figura 4.32: Pormenor construtivo do ensoleiramento geral. Adaptado de: ConsulSteel, 2002.

## Sapata Corrida

A utilização de fundações tipo sapata corrida apresenta-se como uma boa alternativa para fundações em terrenos acidentados e apresenta vantagens quanto ao isolamento térmico e impermeabilização, embora implique uma maior movimentação de terras e mão-de-obra na sua execução (Rego, 2012; Carvalho & Pinheiro, 2009; Allen & Thallon, 2011).

De forma a receber os esforços das paredes estruturais e transmiti-los diretamente para o solo é disposta sob as paredes estruturais. Da sua constituição fazem parte os muros de fundação e a base (Figura 4.33) (Rego, 2012; Carvalho & Pinheiro, 2009; Terni et al., 2008).

Os muros de fundação exteriores devem suportar as cargas verticais da estrutura e as cargas horizontais do terreno, ao passo que os muros interiores apenas devem suportar as cargas verticais da estrutura. Na utilização deste tipo de fundação a laje do piso térreo é executada com perfis de aço galvanizado enformado a frio e fechada com revestimento estrutural. Isto permite a existência de um desvão sanitário que possibilita a ventilação do piso térreo e evita o seu contacto direto com o terreno (Davies, 1998; Terni et al., 2008).

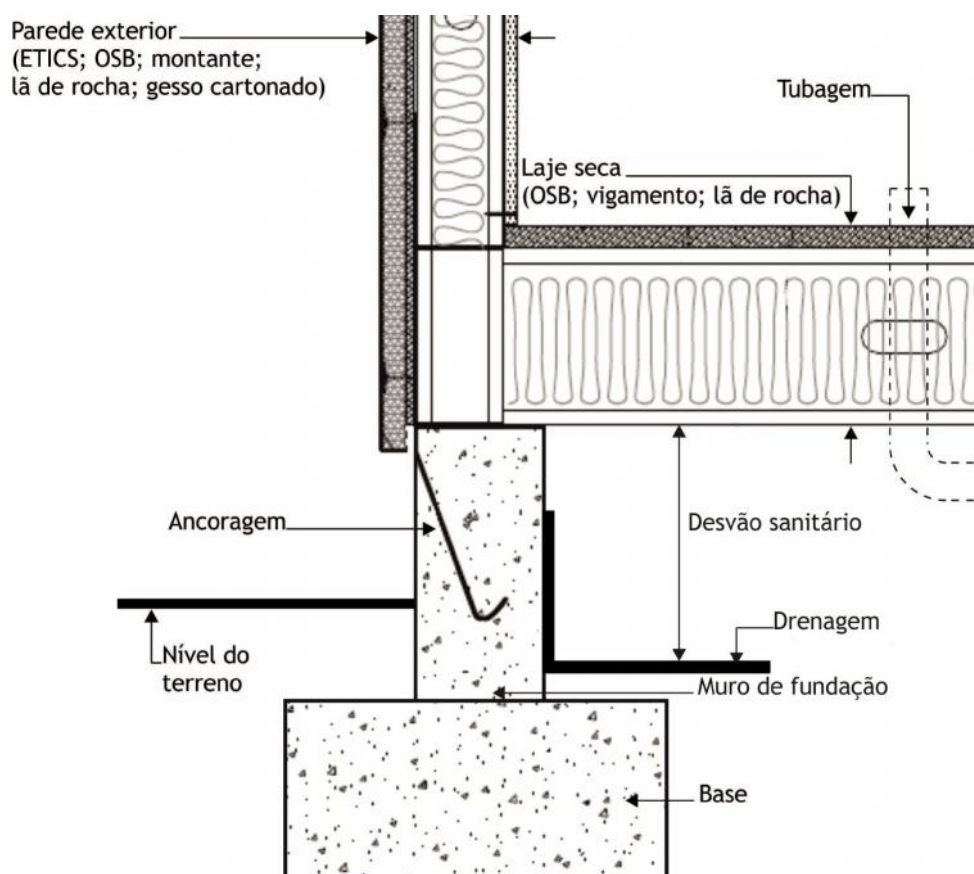
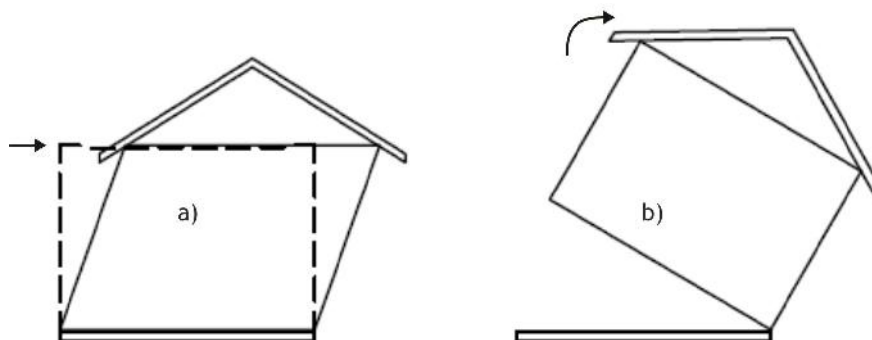


Figura 4.33: Pormenor construtivo da sapata corrida. Adaptado de: ConsulSteel, 2002.



## Ancoragem

De forma a evitar a movimentação da estrutura devido à pressão do vento, esta deve estar devidamente fixa na fundação, seja do tipo ensoleiramento geral ou sapata corrida. A estrutura pode sofrer movimentos por translação ou por tombamento, tal como ilustrado na Figura 4.34 (Schartt, 1996; Santiago et al., 2012).



**Figura 4.34:** a) movimento por translação - implica o deslocamento da estrutura; b) movimento por tombamento - implica uma rotação da estrutura. Fonte: Crasto, 2005.

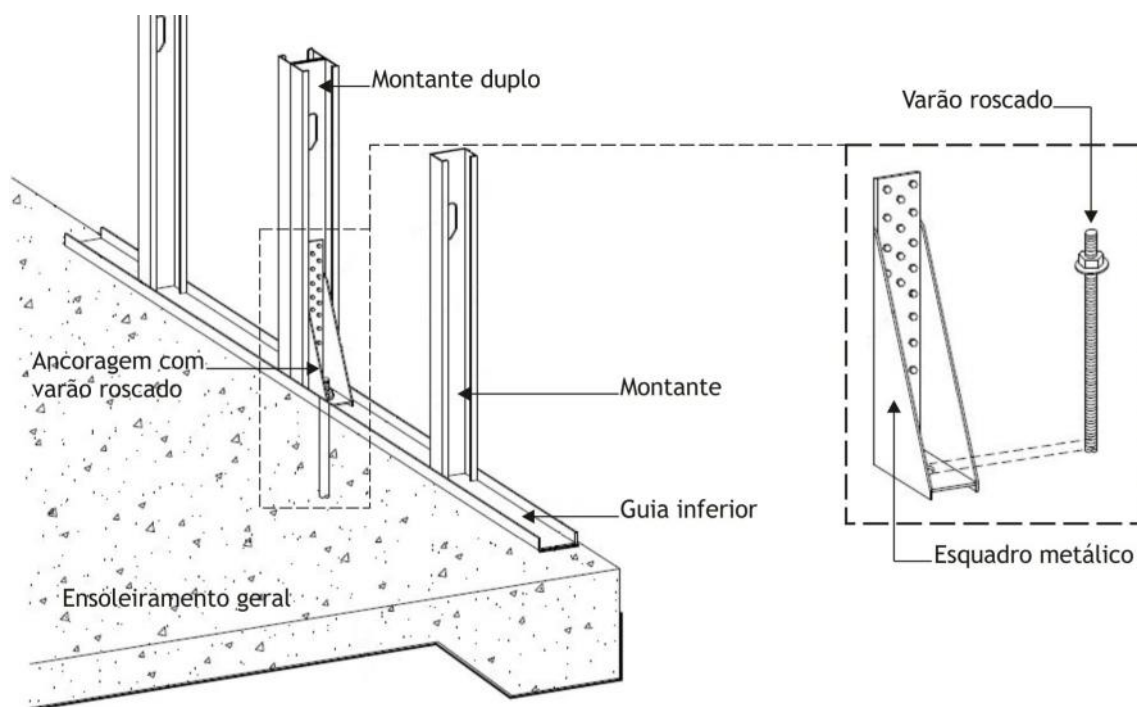
A escolha do tipo de ancoragem deve ser feita consoante as solicitações estruturais do edifício, o tipo de fundação, condições climáticas e sísmicas do local (Terni et al., 2008).

Quanto ao seu posicionamento e aplicação, devem-se ter em atenção os seguintes critérios:

- Espaçamento máximo de 240cm entre ancoragens;
- Evitar interferir com as conexões das paredes estruturais;
- Fixar as paredes estruturais através dos seus elementos mais resistentes;
- Sempre que possível, reforçar a ligação entre a ancoragem e a parede estrutural (CSSBI, 2005).

Existem três tipos de ancoragem para fixar corretamente a estrutura à fundação, sendo que o mais utilizado é a ancoragem com varão roscado.

Este tipo de ancoragem consiste em fixar um varão roscado na fundação através de resina epóxi, que posteriormente irá fixar a estrutura à fundação (Figura 4.35). Esta faz-se pelo interior da guia inferior, perfil U, da parede estrutural com recurso a um esquadro metálico. Por se realizar posteriormente à betonagem das fundações é possível evitar erros no posicionamento da ancoragem (LSK, 2005; CSSBI, 2005; ConsulSteel, 2002).



**Figura 4.35:** Ancoragem com varão roscado. Adaptado de: ConsulSteel, 2002.

As restantes, ancoragem com varão roscado tipo “J” e ancoragem com cinta metálica, podem ser encontradas no Anexo B.

#### 4.4.4. Paredes

##### Conceitos Gerais

As paredes são o elemento da estrutura em LSF com maior relevo e importância. Além de serem o elemento vertical de distribuição de cargas e esforços, também assumem o papel de delimitadoras e protetoras do espaço interior (Santiago et al., 2012).

Enquanto elemento estrutural, as paredes devem ser sustentar a laje de piso e cobertura, garantindo um bom desempenho face a eventos geológicos (*e.g.* sismos) ou climáticos (*e.g.* ventos), assim como sustentar o revestimento estrutural e o revestimento interior. As paredes exteriores também se apresentam como primeira barreira contra as amplitudes térmicas, garantindo conforto térmico e acústico no interior do edifício (CSSBI, 2005).

É importante realçar que no sistema construtivo LSF nem todas as paredes são estruturais, assim como nem todas as paredes estruturais são exteriores. As paredes podem ser não estruturais, desempenhando um papel apenas de delimitação de espaço interior ou exterior. Também é possível existirem paredes interiores estruturais, conforme o projeto de arquitetura e as solicitações estruturais de cada edifício (Rego, 2012; Santiago et al., 2012).

## Elementos e Configurações Básicas

As paredes são compostas essencialmente por dois elementos: montantes e guias.

Os montantes, perfil C, são os elementos com maior solicitação estrutural, dispostos verticalmente e com espaçamentos entre si bem definidos (Rego, 2012; Santiago et al., 2012). Usualmente o espaçamento utilizado entre montantes tem por base a dimensão do revestimento estrutural e revestimento interno a aplicar no projeto, podendo variar entre 20cm, 30cm, 40cm ou 60cm. As guias, perfil U, são o elemento de ligação dos vários montantes que são colocados entre a guia inferior e a guia superior (Figura 4.36) (Futureng, 2014; Rego, 2012; CSSBI, 2005).

Montantes e guias conjugados entre si podem formar perfis complexos de elevada resistência estrutural e são utilizados para resolver encontros entre paredes (Anexo B), aberturas de vãos e elevar a resistência mecânica da parede (Santiago et al., 2012; CSSBI, 2005).

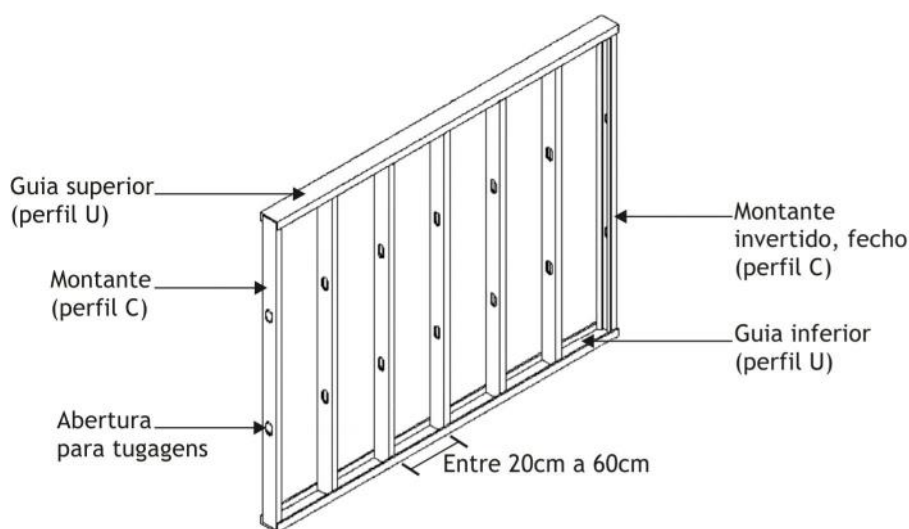
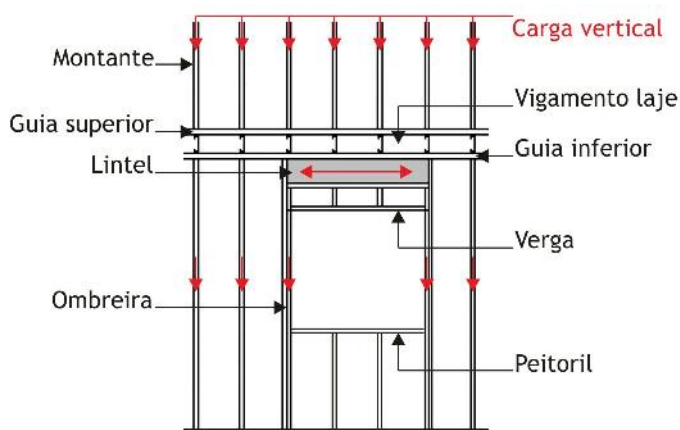


Figura 4.36: Parede simples em LSF. Adaptado de: Crasto, 2005.

## Abertura de Vãos

### Paredes estruturais

Com a abertura de um vão em paredes estruturais, a distribuição das cargas é interrompida. Portanto, devem ser incluídos elementos na estrutura que redirecionem e redistribuam as cargas (Figura 4.37). Os elementos são os lintéis, as ombreiras, o peitoril e a verga (Anexo B) (ConsulSteel, 2002).



**Figura 4.37:** Distribuição das cargas sobre a abertura de um vão, em parede estrutural. Adaptado de: Crasto, 2005.

### Paredes não estruturais

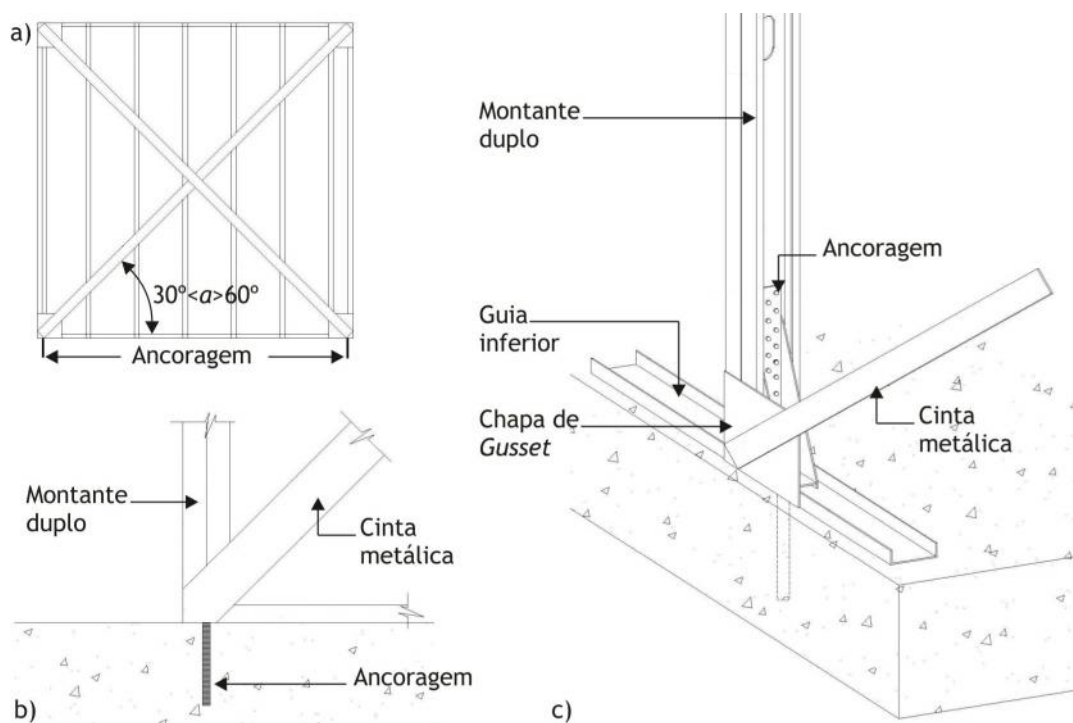
Ao contrário do que se verifica nas paredes estruturais, a abertura de vãos nas paredes não estruturais é mais simples e prática. Como estas não suportam cargas verticais, não é necessário utilizar lintéis e ombreiras. A abertura de vãos é delimitada através dos montantes verticais, peitoril e verga (Anexo B). Consoante a dimensão do vão e o peso da caixilharia a aplicar, devem-se reforçar os montantes laterais e peitoril (Santiago et al., 2012; ConsulSteel, 2002).

### Estabilização da Estrutura

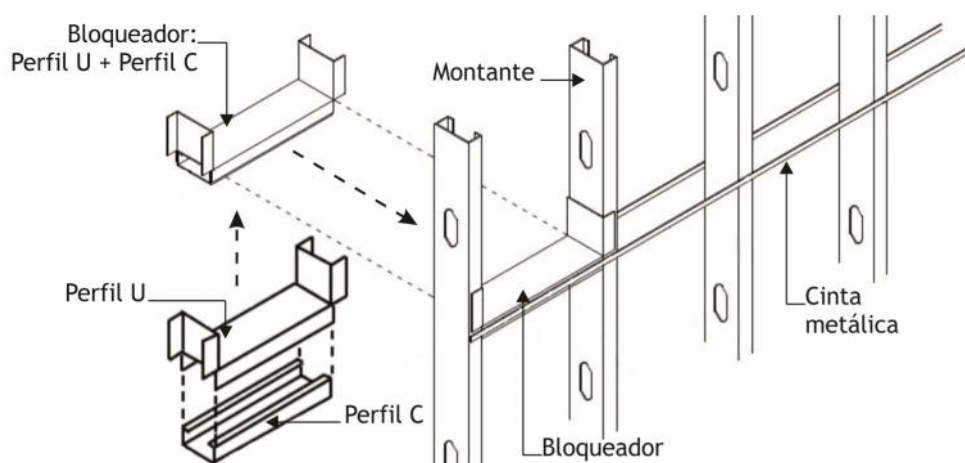
Para efeitos de resistência a cargas e esforços horizontais a estrutura deve ser estabilizada, usualmente com recurso a diagonais metálicas, travamento horizontal e diafragmas (ConsulSteel, 2002; CSSBI, 2005).

**a) Diagonais metálicas:** também denominado de “contraventamento”, consiste em aplicar cintas metálicas na configuração tipo “X”. A quantidade de diagonais e o local de aplicação devem ser calculados atendendo a parâmetros sísmicos e ações do vento sobre a estrutura (CSSBI, 2005; Grubb et al., 2001).

As cintas são aplicadas sobre as paredes formando uma diagonal, sendo que o ângulo entre a cinta e o eixo horizontal deve estar compreendido entre 30° e 60°, para que a estrutura esteja perfeitamente estabilizada (Figura 4.38 a)) (ConsulSteel, 2002). As cintas metálicas podem ser aparafusadas diretamente à estrutura ou através de chapas de “Gusset” (Figura 4.38 b) e c)) (CSSBI, 2005).



**b) Travamento horizontal:** utiliza em simultâneo cintas metálicas e bloqueadores. As cintas são colocadas, na horizontal, ao longo da parede e aparafusadas aos montantes (CSSBI, 2005; NASFA, 2000). A utilização das cintas metálicas evita a rotação dos montantes. Nas extremidades das paredes e espaçados no máximo 360cm, são colocados bloqueadores (Crasto, 2005). Os bloqueadores são elementos compostos por um perfil C encaixado dentro de um perfil U. Aplicados nos espaços entre montantes e no alinhamento horizontal das cintas metálicas, os bloqueadores têm como função aumentar a rigidez da parede (Figura 4.39) (CSSBI, 2005).



c) **Diafragmas:** além de fecharem as paredes, as placas de OSB podem estabilizar a estrutura com o efeito diafragma. Para tal, as placas de OSB devem de possuir a resistência necessária para absorver as cargas e os esforços horizontais que a estrutura em LSF não absorve (Santiago et al., 2012; NASFA, 2000). No entanto, a capacidade de estabilizar a estrutura por efeito diafragma não depende somente do tipo e espessura do revestimento estrutural, a forma como é aplicado deve respeitar vários requisitos conforme ilustrado na Figura 4.40.

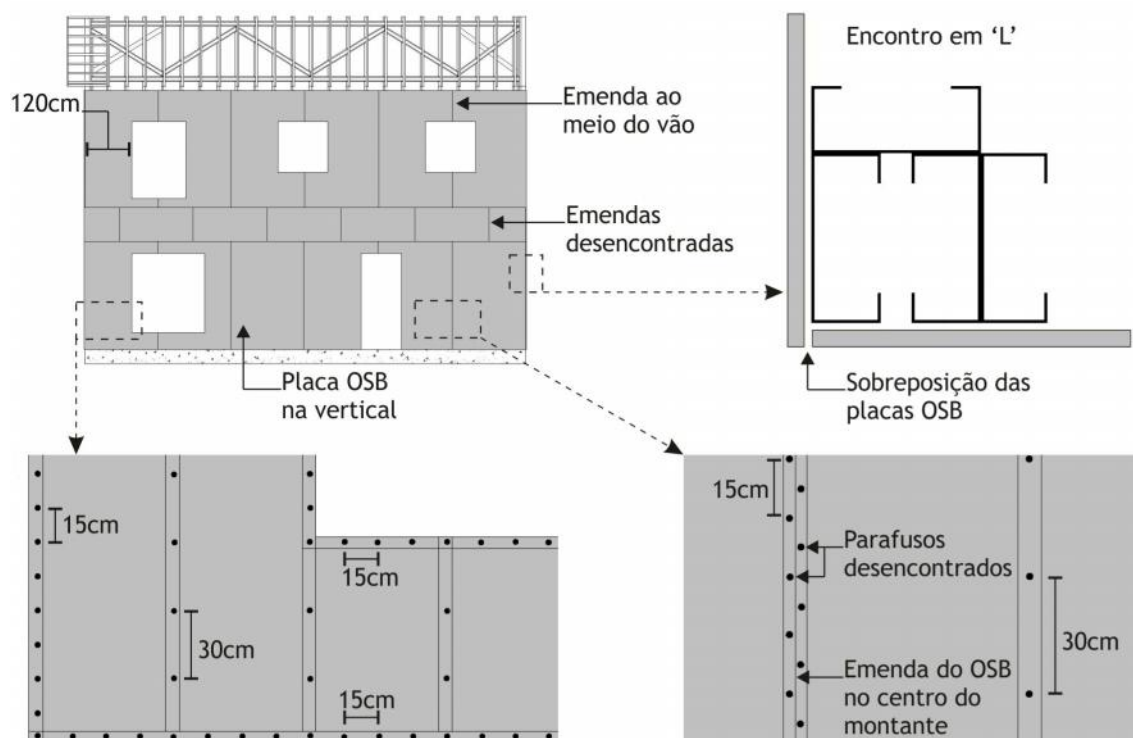


Figura 4.40: Efeito diafragma, esquema de aplicação das placas OSB. Adaptado de: ConsulSteel, 2002.

#### 4.4.5. Lajes

##### Conceitos Gerais

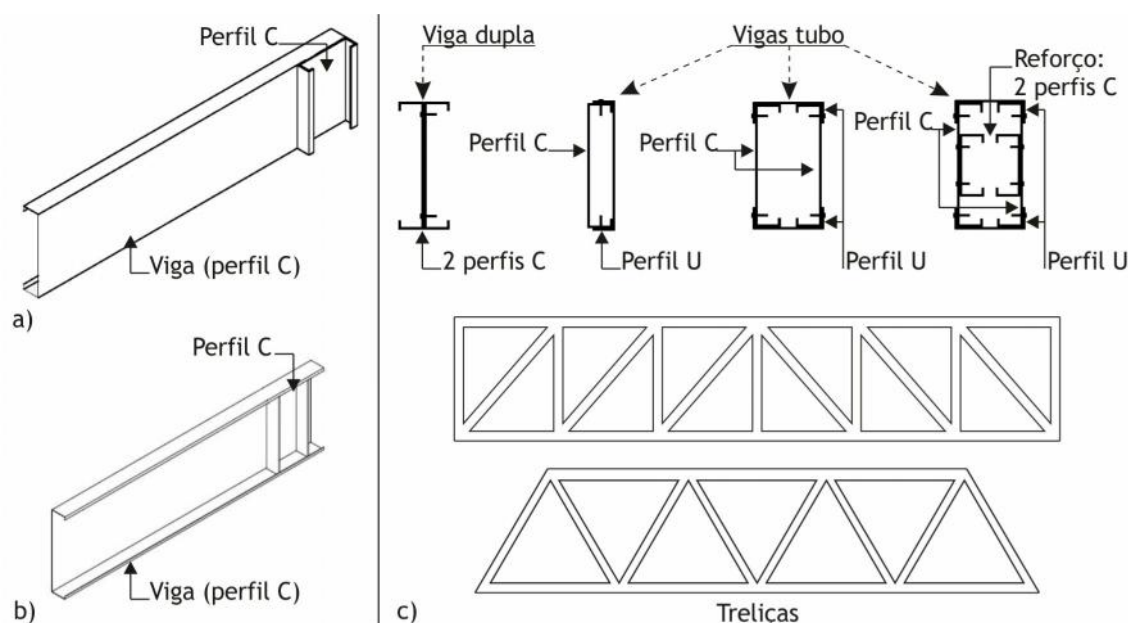
A estruturação das lajes em LSF segue o mesmo pressuposto das paredes. Com base no conceito de “*in-line framing*”, as lajes são compostas por perfis C e perfis U que suportam pequenas quantidades das cargas totais da estrutura. Para tal, o espaçamento entre vigas será o mesmo que entre montantes (ConsulSteel, 2002; CSSBI, 2005).

Nas construções com mais que um piso, as paredes estruturais devem apoiar sobre outras paredes estruturais ou sobre uma viga devidamente dimensionada para o efeito. As paredes não estruturais devem apoiar a extremidade inferior sobre vigas de piso isoladas e a extremidade superior, quando não coincidentes com uma viga, devem estar ligadas à estrutura da laje através de um perfil C horizontal (Santiago et al., 2012).

## Elementos e Configurações Básicas

Elementos estruturais de uma laje em LSF:

- **Vigas:** perfis C dispostos segundo a orientação do vão menor da laje;
- **Guias:** perfis U, usados para fechar a laje e interligar as extremidades das vigas;
- **Reforços de alma:** perfis C, colocados nas extremidades das vigas para aumentar a sua resistência e evitar o seu esmagamento (Figura 4.41 a) e b));
- **Vigas compostas:** combinação entre perfis C e U, utilizadas para aumentar a resistência da laje, elementos em consola e aberturas para escadas (Figura 4.41 c)). Os elementos treliçados (Figura 4.41 c)) também podem ser adotados na estruturação de uma laje (Crasto, 2005; Rego, 2012; ConsulSteel, 2002).



**Figura 4.41:** a) reforço de alma, externo; b) reforço de alma, interno. Adaptado de: NASFA, 2000; c) vigas compostas e treliças. Adaptado de: ConsulSteel, 2002.

## Tipos de Lajes

O tipo de laje varia consoante o tipo de materiais compõem o piso da laje, podendo ser laje húmida ou laje seca (Figura 4.42) (ConsulSteel, 2002).



**Figura 4.42:** a) aplicação da chapa metálica ondulada da laje húmida. Fonte: Crasto, 2005; b) aplicação das placas de OSB da laje seca. Fonte: Futureng, 2014.

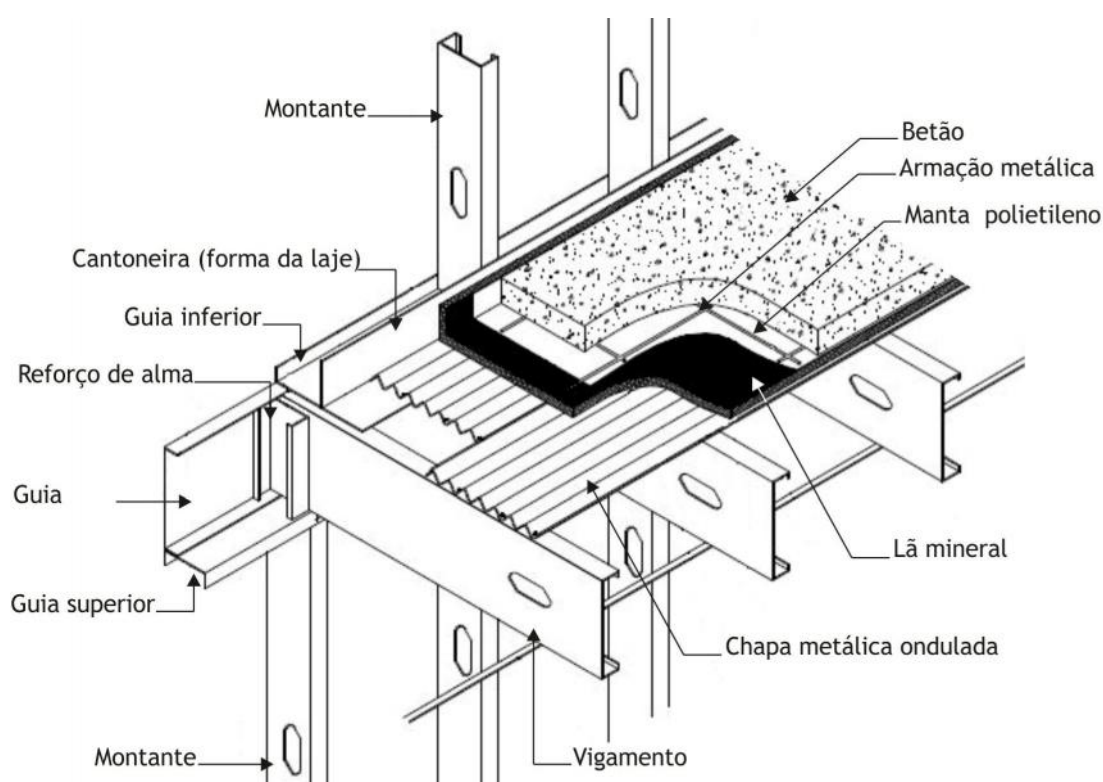


### Laje Húmida

A laje húmida é constituída por uma chapa metálica ondulada, uma camada de lâ mineral, uma manta ou membrana de polietileno, armação metálica (malha electrossoldada) e betão (Rego, 2012; ConsulSteel, 2002).

A chapa metálica é aparafusada ao vigamento e confere forma e apoio ao betão, ao passo que o betão formará uma base resistente para a colocação do revestimento final do piso. A lâ mineral oferece o isolamento acústico necessário para evitar a propagação de ruídos entre espaços e a manta ou membrana de polietileno evita a degradação da lâ mineral face à humidade do betão (Figura 4.43) (Santiago et al., 2012; ConsulSteel, 2002).

A utilização de laje húmida aumenta consideravelmente o peso sobre o vigamento da laje e as paredes estruturais (Rego, 2012).

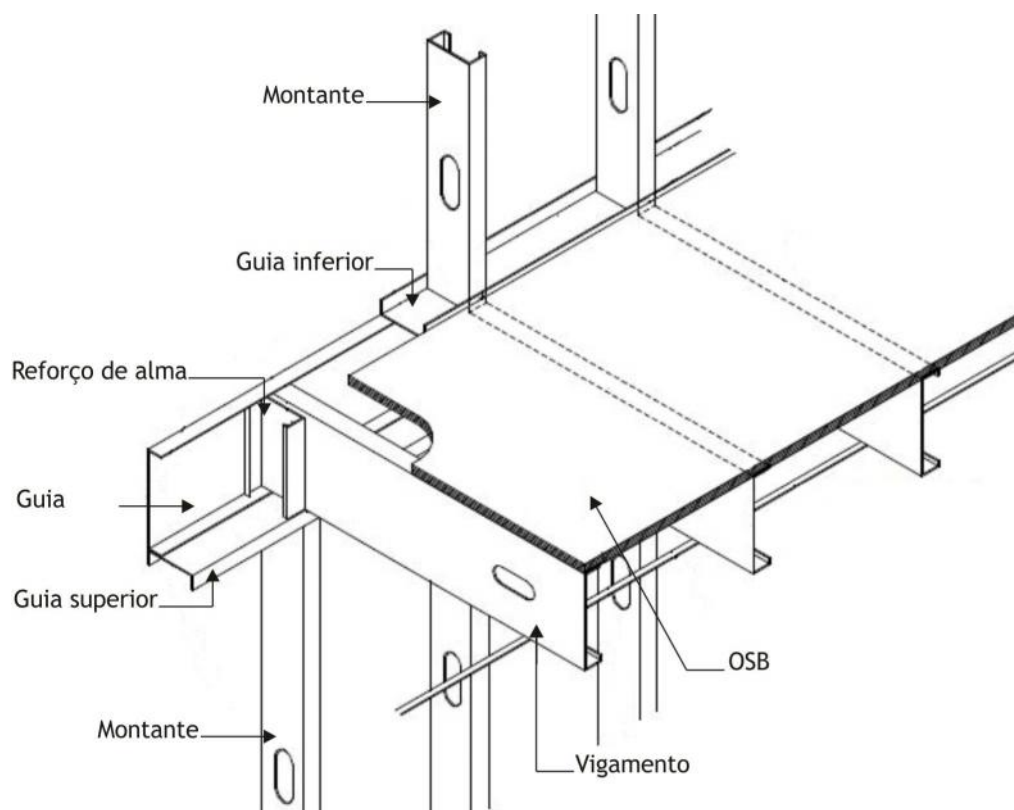


**Figura 4.43:** Pormenor construtivo da laje húmida. Adaptado de: ConsulSteel, 2002.

### Laje Seca

Este tipo de laje apresenta-se como uma alternativa mais leve e prática que a laje húmida. Da sua composição, além do vigamento, fazem parte o revestimento estrutural OSB e a lâ mineral aplicada entre vigas (Santiago et al., 2012; ConsulSteel, 2002). Recomenda-se também a colocação de manta ou membrana de polietileno expandido entre as vigas e as placas de OSB, a fim de evitar a propagação de ruídos e melhorar o comportamento térmico do edifício (Figura 4.44) (Crasto, 2005).





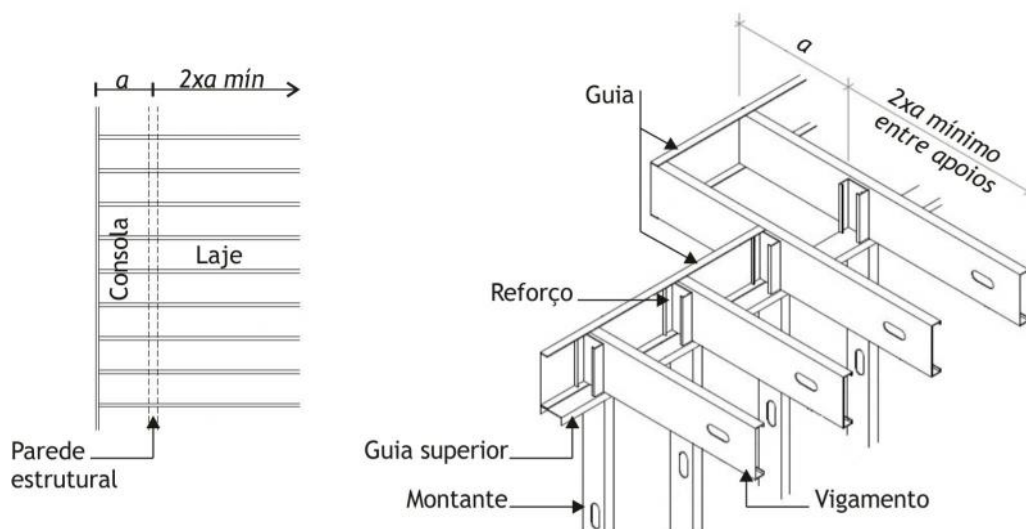
**Figura 4.44:** Pormenor construtivo da laje seca. Adaptado de: ConsulSteel, 2002.

Nas construções que apresentam fundações tipo sapata corrida, existem três soluções construtivas para apoiar a laje do piso térreo, que também podem ser aplicadas quando a estrutura é apoiada sobre algum tipo de alvenaria existente. Estas soluções podem ser encontradas no Anexo B, (Crasto, 2005; ConsulSteel, 2002).

### Elementos em Consola

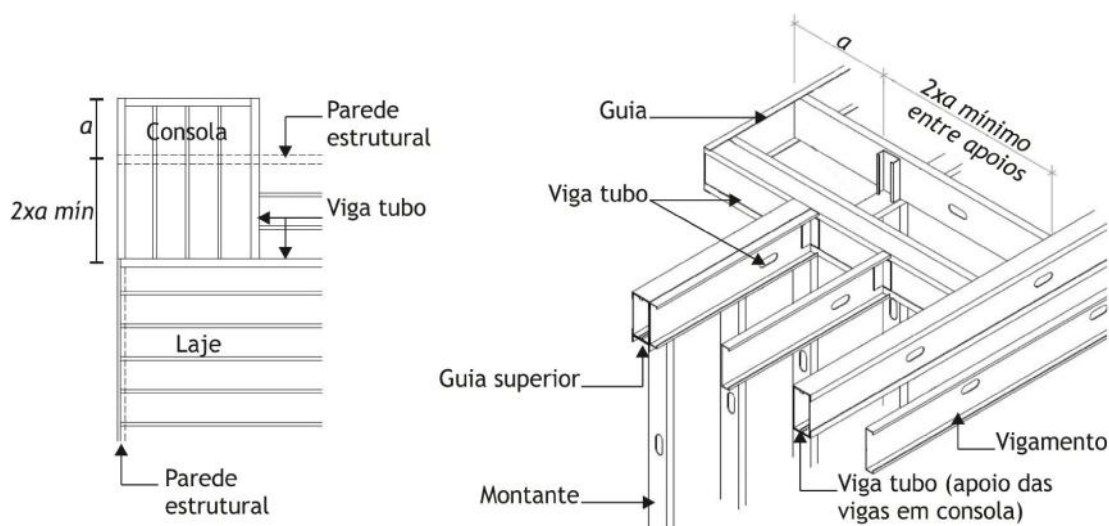
Na construção de um elemento em consola numa estrutura em LSF podem verificar-se duas situações distintas: o vigamento do elemento é um prolongamento do vigamento da laje ou o vigamento do elemento é perpendicular ao vigamento da laje (Rego, 2012; Scharrt, 1996).

Na primeira situação, a estrutura do elemento em consola é um simples prolongamento da estrutura da laje, embora existam critérios de dimensionamento conforme ilustrado na Figura 4.45 (Crasto, 2005; ConsulSteel, 2002; Scharrt, 1996).



**Figura 4.45:** Elemento em consola, disposição e dimensionamento. Adaptado de: ConsulSteel, 2002.

A segunda situação apresenta uma solução construtiva mais complexa. É necessário criar uma estrutura auxiliar que ligue o vigamento do elemento em consola ao vigamento da laje (Rego, 2012; Santiago et al., 2012). Esta estrutura auxiliar consiste em incluir uma viga composta na estrutura da laje, que servirá de apoio ao vigamento do elemento em consola, mantendo o princípio dimensional da primeira situação. Para que as vigas da laje que foram interrompidas não percam resistência estrutural, devem ser incluídas vigas compostas no perímetro do elemento em consola (Figura 4.46), que servirão de apoio às vigas da laje (ConsulSteel, 2002; Schartt, 1996).



**Figura 4.46:** Elemento em consola perpendicular ao vigamento da laje, disposição e dimensionamento. Adaptado de: ConsulSteel, 2002.

## Aberturas de Vãos

A abertura de vãos na laje implica interromper o vigamento da laje e, consequentemente interromper a distribuição das cargas. Para redistribuir as cargas, a abertura deve ser delimitada por vigas compostas (Figura 4.47) (ConsulSteel, 2002; CSSBI, 2005).

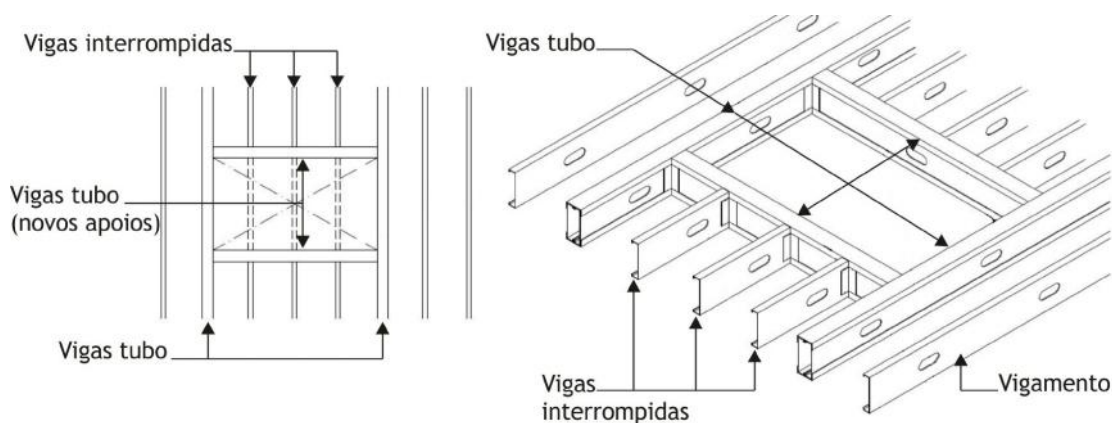


Figura 4.47: Abertura de vãos em lajes e elementos estruturais. Adaptado de: ConsulSteel, 2002.

## Escadas

As escadas executadas em LSF são constituídas por perfis C e perfis U, com revestimento estrutural OSB. O tipo de estrutura a utilizar para compor a escada depende do efeito final pretendido (Rego, 2012). Das tipologias existentes destacam-se três:

- **Viga composta inclinada:** este tipo de estrutura é constituído por uma viga composta, que delimita a inclinação da escada e serve de apoio à guia-degrau. A guia-degrau é um perfil U dobrado em degraus e que serve de apoio ao OSB ou ao revestimento final da escada. O par desta composição forma a escada, neste caso aberta (Figura 4.48);

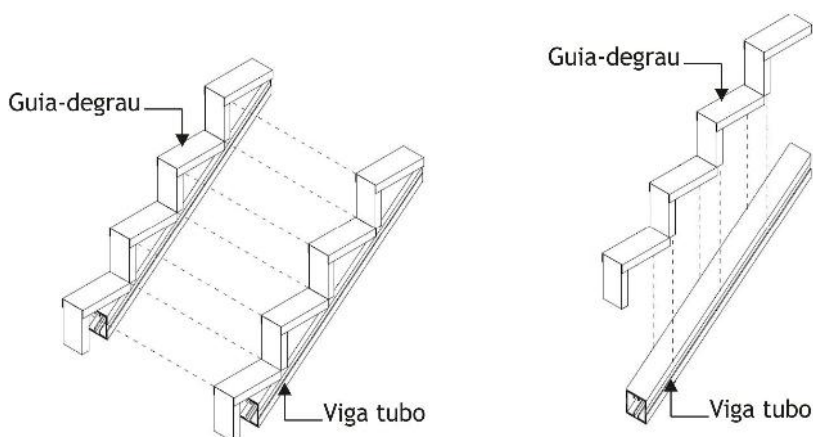


Figura 4.48: Escada com viga composta inclinada. Adaptado de: ConsulSteel, 2002.

- **Parede com inclinação:** esta estrutura é constituída por uma guia-degrau apoiada sobre uma parede com a inclinação da escada. A parede com inclinação é formada por uma guia inferior, uma guia superior com inclinação e montantes coincidentes com o espelho da escada. O par desta composição forma a escada, neste caso fechada (Figura 4.49);

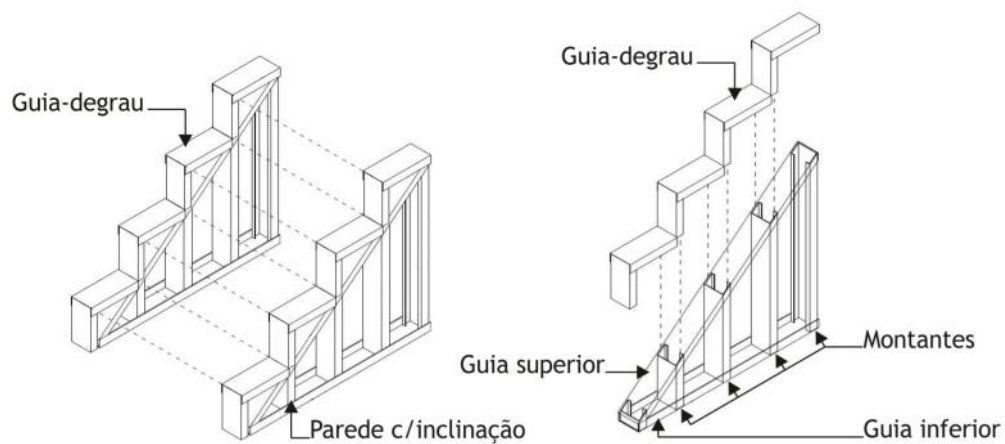


Figura 4.49: Escada com parede inclinada. Adaptado de: ConsulSteel, 2002.

➤ **Parede escalonada e degrau:** a parede escalonada é constituída por uma guia inferior, montantes coincidentes com o espelho da escada e guias superiores que farão a base para o degrau. O degrau é construído como elemento independente a partir de dois perfis C e dois perfis U. Da constituição final da escada fazem parte duas paredes escalonadas que se interligam pelos degraus (Figura 4.50) (ConsulSteel, 2002; CSSBI, 2005).

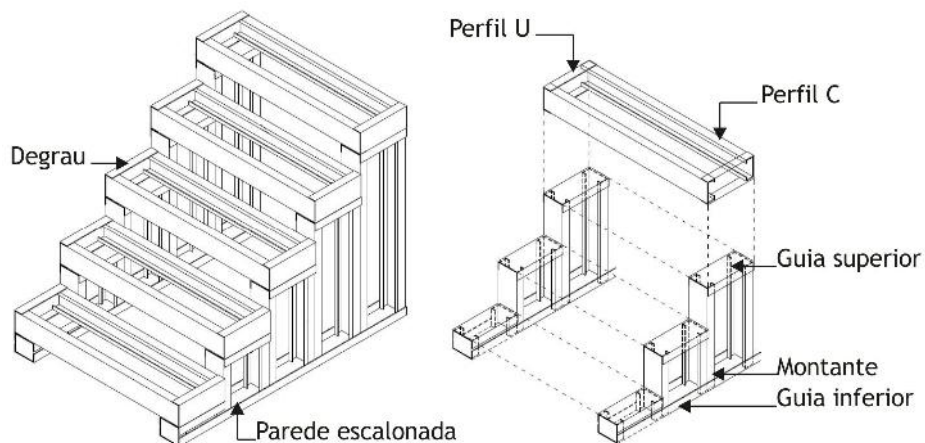


Figura 4.50: Escada com parede escalonada e degrau. Adaptado de: ConsulSteel, 2002.

#### 4.4.6. Cobertura

##### Conceitos Gerais

A versatilidade construtiva do LSF possibilita a realização de coberturas com diversos graus de complexidade (Moreira, 2012).

A função da cobertura é proteger o interior do edifício contra os elementos exteriores. Quando se opta por determinado tipo de cobertura, deve ter-se em atenção a ação do vento sobre o edifício e o índice pluviométrico<sup>4</sup> a que o edifício estará sujeito (CSSBI, 2005).

A construção de coberturas em LSF não difere dos outros sistemas construtivos, sendo que o princípio estrutural para coberturas inclinadas em LSF é o mesmo que se utiliza na construção em madeira (Santiago et al., 2012).

##### Tipos de Cobertura

Uma cobertura em LSF pode adquirir várias formas e volumes, cobrir grandes e pequenos vãos; tudo depende das opções estéticas do projeto, orçamento e cargas a suportar (Craato, 2005). Uma cobertura deve suportar, além do seu próprio peso, o peso dos seus revestimentos e forros suspensos, equipamentos ou elementos fixos, suspensos ou apoiados na estrutura (CSSBI, 2005).

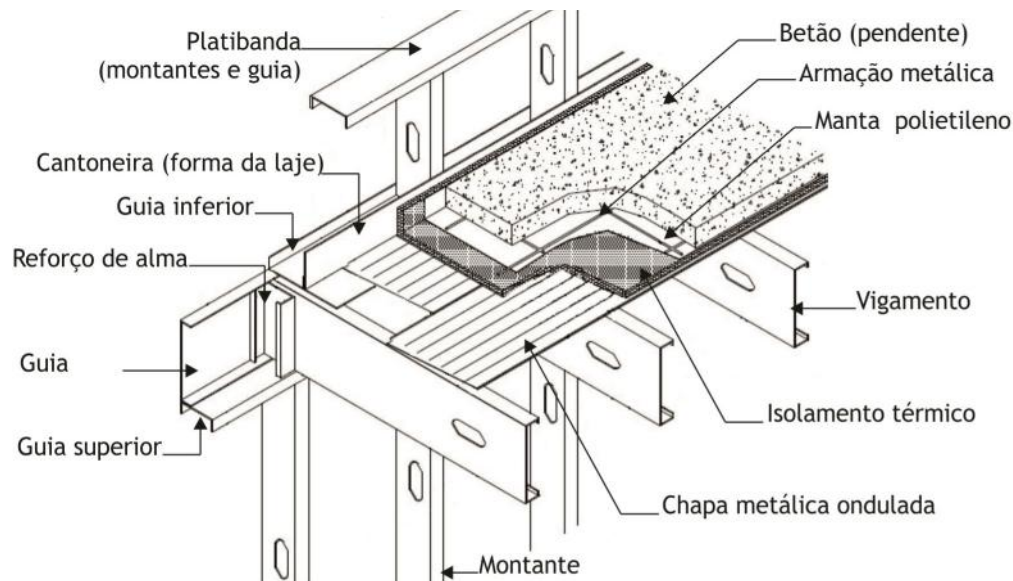
Seguidamente apresentam-se e explicam-se as três tipologias de coberturas utilizadas na construção em LSF:

**a) Cobertura plana:** utiliza-se a solução construtiva apresentada no tópico sobre lajes húmidas (Figura 4.51). A grande diferença reside no isolamento colocado entre a chapa metálica e o betão, pois neste caso passa-se a colocar isolamento térmico. A pendente é obtida pela variação da espessura da camada de betão aplicada (ConsulSteel, 2002). Com os avanços tecnológicos na construção podemos encontrar soluções mais simples para coberturas planas. A título de exemplo, pode ser aplicada sobre o OSB uma barreira pára-vapor, seguida pelo isolamento térmico e impermeabilização (geralmente tela de PVC<sup>5</sup>), (Mateus, 2004).

---

<sup>4</sup> **Índice pluviométrico:** valor relativo à quantidade de precipitação numa determinada região e durante um determinado período de tempo (Infopédia, 2014).

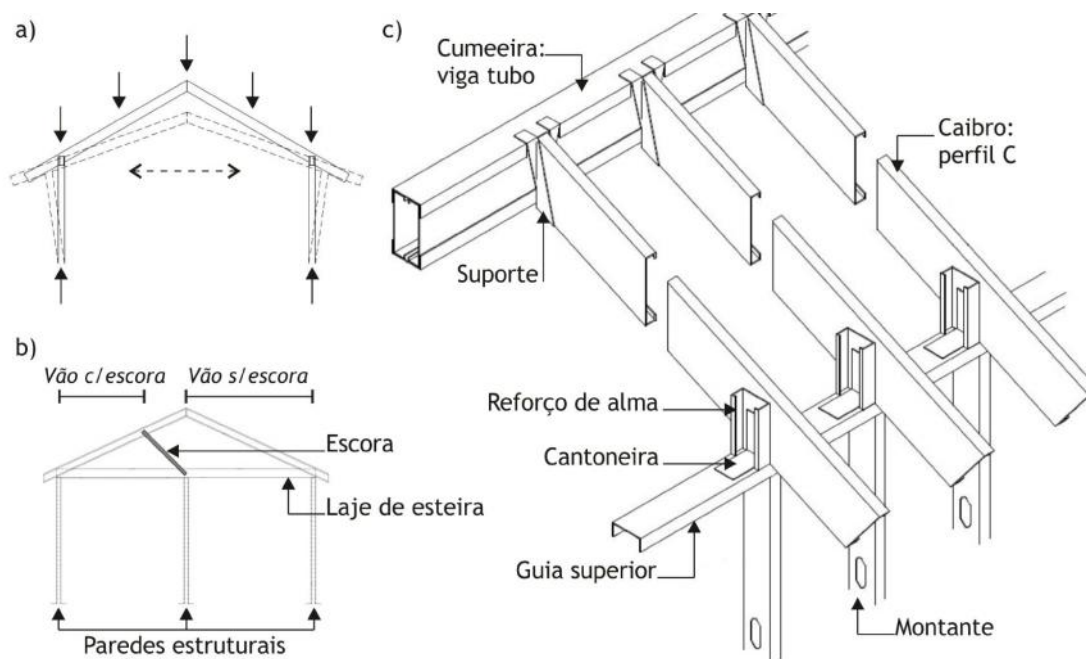
<sup>5</sup> **PVC:** abreviatura para Cloreto de Polivinilo (“Polyvinyl Chloride”), (Ali, 2009).



**Figura 4.51:** Pormenor construtivo da cobertura plana. Adaptado de: ConsulSteel, 2002.

**b) Cobertura inclinada com caibros e vigas:** é composta por caibros (perfis C inclinados), que apoiam nas paredes estruturais e na cumeeira (Figura 4.52 c)). A cumeeira pode ser uma parede estrutural existente na construção ou uma viga composta.

Dependendo da dimensão da cobertura, pode ser necessária a colocação de apoios intermédios ou escoras, diminuindo, assim, o vão da cobertura. Esses apoios podem ser pequenas paredes estruturais devidamente localizadas ou escoras fixas à laje de esteira (Figura 4.52 a) e b)) (ConsulSteel, 2002).



**Figura 4.52:** Cobertura inclinada com caibros e vigas: a) cargas verticais e deformação da estrutura; b) cobertura com escora; c) ligação dos caibros à cumeeira e à parede exterior. Adaptado de: ConsulSteel, 2002; Crasto, 2005.



c) **Cobertura inclinada com asnas:** é a solução mais comum na construção em LSF (Crasto, 2005).

Sendo esta uma matéria demasiado extensa, será apresentada somente a cobertura em duas águas e os elementos básicos que a compõem.

Na estruturação de uma cobertura em duas águas destacam-se três elementos: asnas, frontão e beirado (ConsulSteel, 2002).

➤ **Asnas:** a utilização de asnas apresenta duas fortes vantagens em relação ao sistema anterior - cobrem grandes vãos sem necessitar de apoios intermediários e podem ser pré-fabricadas. A utilização de asnas pré-fabricadas representa uma maior precisão dimensional na sua construção e menor tempo de trabalho em obra (Schartt, 1996). Existe uma grande variedade de asnas para coberturas inclinadas e a sua utilização define o tipo de cobertura de um edifício (Figura 4.53). Estas podem diferir na quantidade de material utilizado na sua construção, assim como na altura do pé direito que proporcionam e na existência ou não de beiral. As asnas são apoiadas sobre as paredes estruturais e interligadas através de elementos horizontais e diagonais (perfis C) e ripas (perfis  $\Omega$ ) (Crasto, 2005; ConsulSteel, 2002).

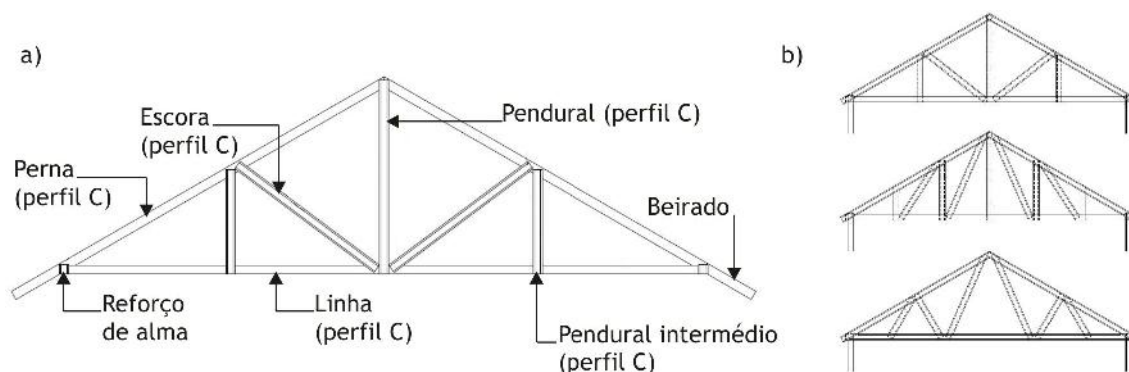


Figura 4.53: a) componentes de uma asna; b) tipos de asnas. Adaptado de: ConsulSteel, 2002.

➤ **Frontão:** o frontão é o elemento colocado sobre as paredes estruturais, de forma a fechar o espaço resultante da pendente da cobertura, sótão (Figura 4.54). Este é estruturado com montantes, espaçados de forma igual aos montantes da parede, e com guias, que interligam os montantes, dando forma ao frontão (ConsulSteel, 2002).

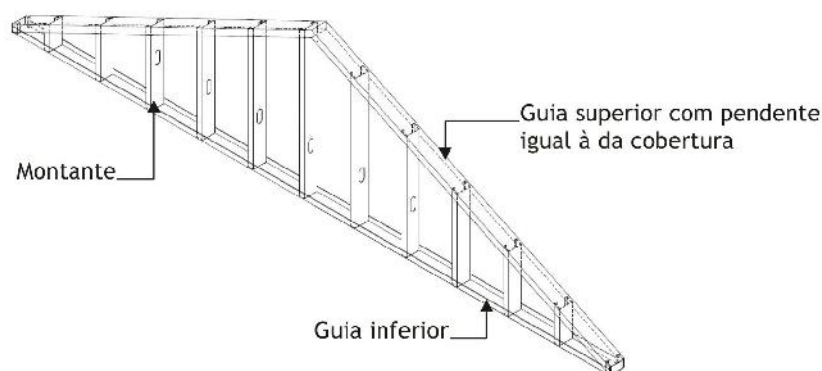
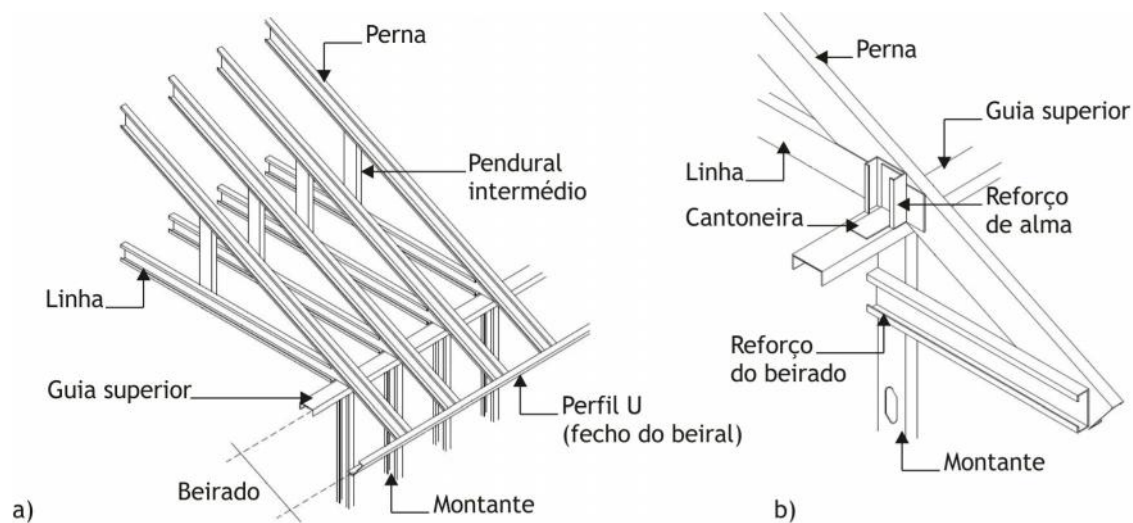


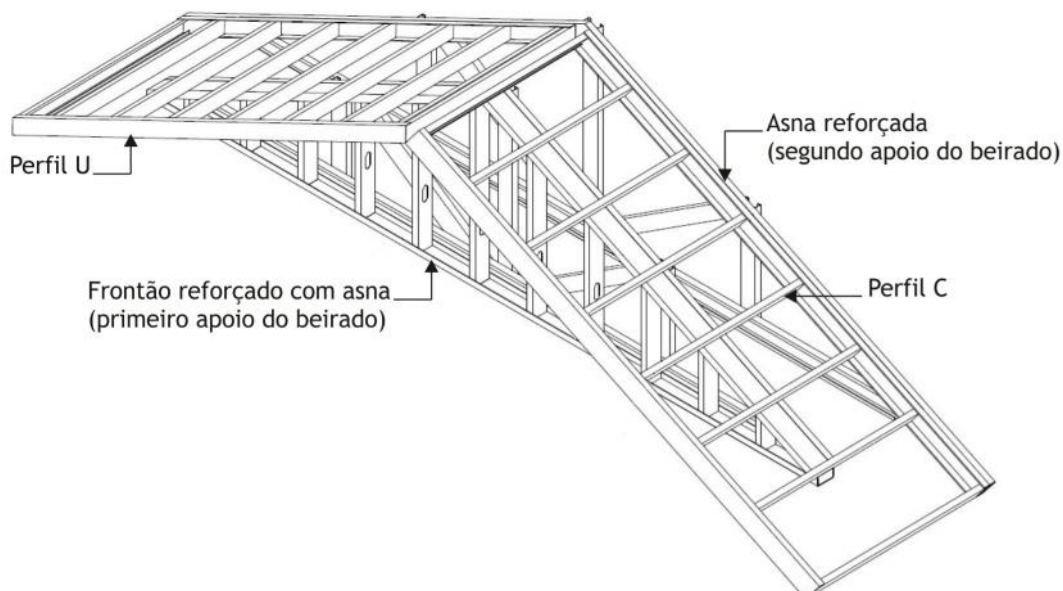
Figura 4.54: Frontão. Adaptado de: ConsulSteel, 2002.

➤ **Beirado:** para formar beirado na cobertura, as pernas das asnas devem ser prolongadas e interligadas com um perfil U (Figura 4.55).



**Figura 4.55:** a) beirado; b) ligação do beirado à parede exterior e reforço do beirado. Adaptado de: ConsulSteel, 2002.

Quando o beirado for perpendicular às asnas e frontão, este deve ser constituído por um elemento independente (Figura 4.56). Este elemento que dá forma ao beirado é composto por perfis C perpendiculares às asnas e por perfis U, que interligam os perfis C. O frontão, reforçado com uma asna, será o apoio principal e deverá ser dimensionado corretamente para manter o mesmo plano de cobertura. Além de apoiar no frontão, este elemento deve apoiar na primeira asna, a qual deve ser reforçada (Crasto, 2005; ConsulSteel, 2002).



**Figura 4.56:** Beirado perpendicular à estrutura da cobertura. Adaptado de: ConsulSteel, 2002.

As coberturas inclinadas podem ser revestidas com telhas metálicas, e.g. painéis *sandwich*, assentes sobre ripado (perfis  $\Omega$ ) perpendicular às asnas ou caibros (Figura 4.57). Também podem ser revestidas com telhas cerâmicas (Figura 4.58), sendo que a estrutura deve ser



primeiramente fechada com revestimento estrutural OSB e protegido com manta ou membrana de impermeabilização. Sobre o OSB devem ser colados perfis  $\Omega$  alinhados com as asnas ou caibros para facilitar o escoamento da água. Para permitir o encaixe das telhas cerâmicas deve ser colocado um ripado sobre os perfis  $\Omega$  e perpendicular a estes (Crasto, 2005; ConsulSteel, 2002).



a) Estrutura da cobertura

b) Aplicação de painéis *sandwich*

c) Cobertura finalizada

**Figura 4.57:** Cobertura com painéis *sandwich*. Fonte: Futureng, 2014.



a) Aplicação do OSB

b) Isolamento térmico e subtelha

c) Aplicação da telha sobre o ripado

**Figura 4.58:** Cobertura revestida com telhas cerâmicas. Fonte: Futureng, 2014.

## 4.5. O LSF e a Sustentabilidade

Estudos demonstram que a massa de um edifício em LSF é em média cerca de 40% inferior à massa de um edifício construído com um sistema convencional (Mateus, 2004). Sem dúvida que as grandes vantagens económicas e sustentáveis do LSF se encontram na sua matéria-prima, o aço, e na massa dos perfis utilizados (Moreira, 2012; Lawson, 2009; Bragança & Mateus, 2005).

Como o aço necessita de uma grande quantidade de energia para ser manufaturado, um edifício em LSF apresenta um nível de energia incorporada na sua construção aproximado ao nível de um edifício convencional. Mas sendo o aço 100% reciclável, o elevado consumo de energia inicial será amortizado num maior período de tempo aquando a sua reciclagem ou reutilização (Mateus, 2004). Atualmente são utilizados entre 10% e 100% de material reciclado na produção de novo aço, variando esta percentagem conforme a utilização do produto final (Moreira, 2012; Burgan & Sansom, 2006).

Também devido à sua massa reduzida, a utilização de perfis de aço galvanizado e enformados a frio permite o uso de meios de transporte e maquinaria mais ligeiros. Deste modo, diminui-se o consumo energético nas operações de transporte, elevação e montagem (Mateus, 2004).

Por outro lado, caracterizado pela sua componente industrializada, este sistema permite que grande parte dos seus componentes seja construída em fábrica. Assim, é possível melhorar o controlo de qualidade, rapidez de produção e permite uma redução significativa de resíduos. As instalações de redes de abastecimento são feitas no interior das paredes, antes da colocação do revestimento final, o que permite diminuir os resíduos resultantes da abertura dos tradicionais roços no sistema convencional (Moreira, 2012; Mateus, 2004).

Sendo esta uma construção a seco, grande parte dos elementos são executados sem utilizar água na sua construção. Deste modo, o tempo de obra e os impactos associados à sua execução são significativamente menores, consistindo vantagens sobre o sistema construtivo tradicional (Moreira, 2012; Mateus, 2004).

Um edifício construído em LSF apresenta um bom desempenho térmico e acústico, permitindo uma redução a longo prazo no consumo de energia para aquecimento. Também devido à estruturação do edifício torna-se fácil e prática a substituição de elementos estruturais, ampliações ou alterações ao edifício, caracterizando-se assim pela sua flexibilidade (Moreira, 2012; Lawson, 2009).

Em suma, este sistema construtivo apresenta-se como uma resposta aos desígnios da construção sustentável, pois além de diminuir o consumo de matéria-prima e resíduos na construção também está conotado como um sistema de fácil reutilização e reciclagem.

## 5. Capítulo | Aplicação em Caso Prático

### Introdução

Para cumprir o objetivo principal desta dissertação - avaliar de forma imparcial a *performance* ambiental do LSF através de uma LCA - concretizou-se a presente componente prática. Nesta serão considerados e aplicados os conceitos teóricos anteriormente descritos.

A LCA constitui um método de grande utilidade para a avaliação de potenciais benefícios decorrentes do uso de novos materiais ou tecnologias construtivas. Esta possibilita a tomada de decisões conscientes relativas à aplicação sustentável de materiais, mesmo em fase de projeto, apenas com base em informação existente.

Embora o LSF surja rotulado de sistema construtivo sustentável, é importante averiguar a veracidade desta afirmação. Para tal, será criado um projeto de habitação, o qual é desenvolvido sob a forma de dois modelos distintos: Modelo A (sistema construtivo em LSF) e Modelo B (sistema construtivo tradicional - betão armado). Cada modelo faz a aplicação de um sistema construtivo, permitindo comparar o LSF, sistema em análise, e o sistema construtivo tradicional, sistema conhecido que age como controlo. Assim, a variável em análise será o sistema construtivo inserido num projeto de habitação. Para a comparação, recorre-se à ferramenta de LCA “*Athena Impact Estimator for Buildings 4.5*” (AIE4B).

#### 5.1. Projeto de Habitação

O projeto de habitação foi desenvolvido considerando algumas restrições e limitações, para além das normas legislativas em vigor. Entre estas destacam-se as seguintes:

**a) Tipologia e programa:** o projeto baseou-se no universo tipológico mais representativo de Portugal. Segundo o Instituto Nacional de Estatística, em 2011 cerca de 45,5% do edificado em Portugal desenvolve-se em 2 pisos e 35% dos edifícios destinados a alojamento são classificados como moradias (INE, 2011a). Também segundo o mesmo instituto, 47,3% do número total de fogos em construções novas para habitação concluídas em 2011 correspondem à tipologia T3, representando a maioria do universo (INE, 2011b);

**b) Estrutura:** atendendo à finalidade do projeto de habitação - realização de uma LCA comparativa de sistemas construtivos - a sua estrutura desenvolveu-se de modo a que a aplicação dos dois sistemas construtivos não influencie a sua configuração final. Assim, o projeto permite a utilização quer do sistema construtivo LSF, quer do sistema construtivo tradicional (betão armado);

**c) Reflexo das soluções construtivas descritas (LSF):** a componente teórica apresenta os conceitos essenciais à condução rigorosa da parte prática. Portanto, procurou-se fazer a

aplicação prática dos conceitos teóricos, inserindo-os de forma consciente e desenvolvendo uma habitação em que se espelhe as principais soluções construtivas apresentadas;

**d) Ferramenta de avaliação:** a base de dados do AIE4B impôs alguns limites à conceção da habitação e uso dos sistemas construtivos (e.g. inexistência de tijolo cerâmico vazado).

De modo a corresponder em simultâneo às restrições impostas e aos objetivos do projeto, outros aspetos, como as questões estéticas e volumétricas da habitação, foram remetidos para segundo plano.

#### ➤ Tipologia, programa e volumetria

A habitação desenvolvida apresenta uma tipologia T3, dividida em 2 pisos. No 1º piso, desenvolvem-se as zonas comuns (cozinha, sala, instalação sanitária e acesso vertical) e um quarto com instalação sanitária privada. No 2º piso, desenvolvem-se as restantes zonas privadas (2 quartos e instalação sanitária), escritório, sala de estar e duas varandas.

Volumetricamente, o 2º piso sobrepõe-se sobre o 1º piso, formando uma pequena consola. Este apresenta uma área mais pequena relativamente ao 1º piso, sendo a área excedente correspondente às varandas existentes (Figura 5.1).



**Figura 5.1:** Perspetivas da habitação desenvolvida.

No Anexo C podem ser encontrados os desenhos técnicos referentes a ambos os projectos.

### ➤ Dimensionamento e áreas

No desenvolvimento da habitação foram adotados, como valores de referência, as áreas definidas como mínimas pelo Regulamento Geral das Edificações Urbanas (RGEU).

**Tabela 5.1:** Áreas úteis das divisões e áreas mínimas admissíveis.

Divisão		Área útil m <sup>2</sup>	Área mínima m <sup>2</sup> (RGEU, 1951)	Divisão		Área útil m <sup>2</sup>	Área mínima m <sup>2</sup> (RGEU, 1951)
Código	Designação			Código	Designação		
0.01.	Sala de estar/jantar	30,89	12	1.02.	Instalação Sanitária (geral)	06,86	4,5
0.02.	Cozinha	08,77	6	1.03.	Quarto (casal)	11,36	10,5
0.03.	Instalação Sanitária (serviço)	02,81	4,5	1.04.	Escritório	17,15	-
0.04.	Quarto (casal)	17,15	10,5	1.05.	Sala de estar	11,24	12
0.05.	Instalação Sanitária (privada)	03,87	4,5	1.06.	Varanda	17,15	-
1.01.	Quarto (casal)	14,79	10,5	1.07.	Varanda	13,85	-

Apresenta 63,5m<sup>2</sup> de área útil no 1º piso e 61,4 m<sup>2</sup> no 2º piso, perfazendo o total de 124,9 m<sup>2</sup> de área útil. Relativamente ao pé-direito, adotou-se como dimensão mínima 2,5m livres, pois segundo a legislação em vigor, o pé-direito livre deve ser superior a 2,4m (RGEU, 1951).

No Anexo C podem ser encontrados os desenhos técnicos referentes a ambos os projectos.

### ➤ Materiais e estrutura

Para revestimento exterior da habitação utilizou-se uma solução com isolamento térmico pelo exterior (ETICS<sup>6</sup>). O isolamento térmico faz-se com placas de espuma rígida de poliestireno extrudido (XPS), posteriormente impermeabilizado com revestimento plástico, cor branca (Weber, 2012).

Relativamente ao pavimento interior, as áreas húmidas (cozinha e instalações sanitárias) apresentam pavimento cerâmico e as restantes áreas soalho flutuante. As áreas exteriores (varandas) apresentam, também, pavimento cerâmico.

<sup>6</sup> ETICS: “External Thermal Insulation Composite Systems” (“Reboco Delgado Armado sobre Poliestireno Expandido” ou “Isolamento Térmico de Fachadas pelo Exterior”) (Futureng, 2014).

Quanto aos vãos, a caixilharia exterior é estruturada com perfis de PVC e vidro duplo. A porta de entrada é constituída por aro e porta em madeira maciça. As portas interiores são compostas por aro em madeira maciça e porta folheada, com interior em favo de fibra de madeira.

Quanto aos sistemas estruturais, e em particular no caso do LSF (Modelo A) foi adotada uma fundação tipo ensoleiramento geral, com 15cm de betão armado, paredes exteriores compostas por OSB 11mm, perfis C150 e U153 e revestimento interior em gesso cartonado. As lajes de piso são do tipo laje seca e estruturadas com perfis C250 e U255, com exceção das lajes de piso das varandas, estruturadas com perfis C200 e U204. Em ambas as situações, as lajes são revestidas com OSB 18mm e suportam teto suspenso em gesso cartonado. Quanto à cobertura, esta desenvolve-se em duas águas, apresentando uma laje de esteira estruturada com perfis C200 e U204 e suportando o teto suspenso em gesso cartonado. Sobre as paredes exteriores e laje de esteira assentam as asnas de cobertura, estruturadas com perfis C90 e, sobre estas, painéis *sandwich*. As guardas das varandas e platibanda de cobertura são estruturadas com perfis C90 e U93 e revestidas de igual modo às paredes exteriores. As paredes interiores são estruturadas com perfis C90 e U93.

Os espaços vazios resultantes do espaçamento entre perfis, no caso das paredes exteriores e interiores, lajes de piso e laje de esteira, são preenchidos com lã de rocha.

Relativamente ao sistema construtivo tradicional (Modelo B), as fundações são executadas com recurso a sapatas isoladas em betão armado, assim como a laje térrea. As sapatas, pilares soterrados e laje térrea apresentam isolamento térmico e impermeabilização convenientes. A restante estrutura é composta por pilares, vigas e lajes de piso maciças vigadas, ambos em betão armado.

Devido à inexistência de informação sobre o tijolo cerâmico vazado na base de dados do AIE4B, optou-se por substituir a tradicional alvenaria em tijolo cerâmico vazado por alvenaria em bloco térmico. Este tipo de alvenaria encontra-se em crescente desenvolvimento em Portugal. É constituída por blocos térmicos, os quais são compostos por betão leve com agregados de argila expandida, sendo uma alternativa ao tradicional tijolo cerâmico. A alvenaria utilizada nas paredes exteriores e interiores apresenta uma espessura de 15 cm e 11 cm, respetivamente. A face interior das paredes exteriores é revestida com reboco. As paredes interiores apresentam as duas faces rebocadas. A laje de piso, em betão armado, apresenta uma espessura de 14cm e é complementada com teto suspenso em gesso cartonado. A cobertura desenvolve-se em duas águas e é constituída pela laje maciça vigada, formação de pendente e revestimento final com lajetas cerâmicas. À semelhança do Modelo A, este apresenta guardas e platibanda de cobertura, sendo estruturados com alvenaria de 11cm e revestidas de forma idêntica às paredes exteriores.

No Anexo C podem ser encontrados os desenhos técnicos referentes a ambos os projectos.

## 5.2. Ferramenta de LCA: “Athena™ Impact Estimator for Buildings 4.5”

A LCA é um processo complexo e habitualmente realizado por peritos. Para tornar esta ferramenta acessível ao público em geral e, em particular, aos profissionais da construção, o *Athena Sustainable Materials Institute* apresenta em 2002 a primeira versão do “Athena™ Impact Estimator for Buildings”, uma ferramenta de LCA simplificada e focada na construção.

Esta ferramenta permite realizar LCA's a qualquer escala - WCP (“Whole Construction Process”) ou BMCC (“Building Material and Component Combination”) - e na análise de qualquer tipo de edifício (residencial, comercial ou industrial) ou processo construtivo (nova construção, renovação ou reabilitação). Pelas suas características, é recomendada a sua utilização a arquitetos e engenheiros durante a fase de projeto. A base de dados disponível apresenta perfis ambientais de materiais e processos construtivos, os quais refletem valores médios referentes à indústria da construção do Canadá e Estados Unidos da América. Deste modo, a ferramenta apresenta dados específicos para a região em que o edifício se situa (Erlandssona & Borg, 2003; Athena SMI, 2014b).

O AIE4B baseia-se na metodologia de LCA desenvolvida pela US EPA, denominada por “Tool for the Reduction and Assessment of Chemical and Other Environmental Impacts” (TRACI). A TRACI contabiliza impactos ambientais relativos ao PAG, PA, PDCO, PFP, PE, PPSH e Consumo de Combustíveis Fósseis (CCF) associados a todo o ciclo de vida da construção, “from the cradle to the grave” (Athena SMI, 2014a; Athena SMI, 2014b).

De entre os programas informáticos para LCA recomendados em construção, optou-se pelo AIE4B por várias razões. O AIE4B agiliza o processo envolvido na metodologia LCA, pois pela simples inserção dos dados (materiais e elementos) referentes ao projeto, permite obter a totalidade dos impactos expectáveis. A sua interface é bastante simples e intuitiva (Figura 5.2), permitindo obter dados rigorosos e com alguma atualização. Esta ferramenta está disponível para utilização gratuita, sem qualquer encargo monetário inerente. A conjugação destas características tornou-a na ferramenta mais viável para a realização desta avaliação.

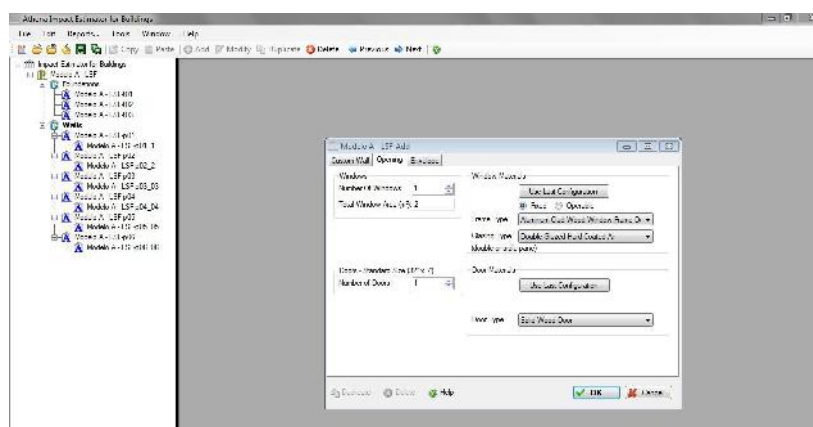


Figura 5.2: Interface da ferramenta “Athena™ Impact Estimator for Buildings 4.5”.

## 5.3. Aplicação da Metodologia LCA

O procedimento utilizado para atingir o objetivo proposto nesta dissertação foi a realização de LCA do tipo BMCC no AIE4B. Em termos processuais, seguiu-se o encadeamento por etapas descrito na componente teórica desta dissertação. A descrição de como foi aplicada a metodologia e a sequência de etapas encontra-se abaixo descrita.

### 5.3.1. Definição de Objetivos e Âmbito (*“Goal Definition and Scope”*)

#### Objetivos

O primeiro ponto a clarificar quando se inicia uma LCA é o seu objetivo. Neste projeto o objetivo consiste em comparar dois sistemas construtivos inseridos num projeto habitacional, a fim de identificar e compreender os impactos ambientais a eles associados. A habitação desenvolveu-se segundo dois modelos: Modelo A utiliza o sistema construtivo LSF e o Modelo B aplica o sistema construtivo tradicional (betão armado).

Para além do sistema construtivo distinto, o desenvolvimento da habitação foi idêntico para os dois modelos, permitindo a análise do sistema construtivo de modo independente em relação a outras variáveis.

Esta avaliação pretende gerar informações pertinentes que auxiliem à escolha sustentável entre os dois sistemas construtivos estudados. Estas informações prender-se-ão, em especial, nas potenciais vantagens do uso do sistema construtivo LSF para o meio ambiente.

Entre o público-alvo, encontram-se arquitetos, engenheiros e profissionais da construção interessados no desenvolvimento sustentável da construção.

#### Âmbito

O produto estudado é o sistema construtivo integrado numa habitação. Sob esta perspetiva, a habitação assume o papel de meio de inserção do sistema construtivo. Embora neste tipo de estudos a habitação seja habitualmente considerada como produto, esta assunção apenas tem lógica se o objetivo for analisar a habitação como um todo. Deve-se conduzir a análise da habitação completa quando existem outros fatores de desigualdade, para além do sistema construtivo ou outra variável esteja em estudo, realizando-se uma LCA do tipo WCP.

No caso presente, a habitação é apenas o veículo de aplicação para o sistema construtivo e é, para além deste, totalmente equivalente. Deste modo, é possível considerar o sistema construtivo como produto, conduzindo-se uma LCA do tipo BMCC.

Portanto, o âmbito desta LCA define-se por vários fatores, tais como, produto, função do produto, unidade funcional, limites do sistema, qualidade dos dados, critério de avaliação, validade/precisão do estudo e apresentação dos resultados:



**Produto:** como já referido o sistema construtivo assume o papel de produto. Em ambos os modelos serão contabilizados todos os componentes estruturais (fundações, paredes, lajes e cobertura), caixilharia exterior e portas. Os materiais contabilizados foram selecionados atendendo à génese do sistema construtivo e dos elementos que lhe são essenciais para que este cumpra a sua função.

**Tabela 5.2:** Materiais de cada sistema construtivo contabilizados para a condução da LCA.

Componentes Estruturais	Materiais do Modelo A	Materiais do Modelo B
Fundações	Ensoleiramento geral em betão armado e isolamento térmico polietileno extrudido de 3cm.	Sapatas isoladas e laje térrea em betão armado e isolamento térmico polietileno extrudido de 3cm.
Pilares e vigas	-	Pilares e vigas em betão armado.
Paredes exteriores	Perfis C150 e U153, OSB de 11mm, lâ de rocha de 8cm e gesso cartonado de 13mm.	Alvenaria em bloco térmico com 15cm.
Paredes interiores	Perfis C90 e U93, lâ de rocha de 8cm e gesso cartonado de 13mm nas duas faces da parede.	Alvenaria em bloco térmico com 11cm.
Lajes de piso	Perfis C250, C200, U255 e U204, OSB de 18mm, lâ de rocha de 8cm e gesso cartonado de 13mm.	Laje maciça em betão armado.
Cobertura	Perfis C200 e U204, OSB de 18mm, lâ de rocha de 8cm e gesso cartonado de 13mm.	Laje maciça em betão armado.
Paredes (guarda de varanda e platibanda)	Perfis C90 e U93, e OSB de 11mm nas duas faces da parede.	Alvenaria em bloco térmico com 11cm.

**Função do produto:** o sistema construtivo deve garantir condições de segurança e estabilidade do edifício, condições de habitabilidade adequadas (e.g. térmicas, acústicas) e assegurar a forma e volumetria do edifício.

**Unidade funcional:** segundo a norma ISO 14040: “*Environmental management - Life cycle assessment - Principles and Framework*”, a unidade funcional é a base de comparação, definindo-se como quantificação/qualificação da *performance* de um produto (ISO 14040, 2006). Nesta avaliação o sistema construtivo é também a unidade funcional, pois ambos os sistemas analisados cumprem funções idênticas, perspetivando-se a análise da sua *performance* ambiental como produto.

A esperança de vida para a habitação que integra os sistemas construtivos em estudo está definida em 50 anos, incluindo manutenção e reparação de componentes.

**Limites do sistema:** entende-se como interface entre a unidade funcional e o ambiente. Neste caso, engloba a contabilização dos *inputs* e os *outputs* de energia e materiais de construção, utilização, manutenção, demolição e disposição final. Não serão considerados como interagindo com o sistema, os impactos associados à mão-de-obra, ao erro humano, reciclagem e reutilização dos componentes. Aos fatores excluídos associa-se um grande grau de incerteza e variabilidade, não sendo possível prevê-los e quantificá-los ao longo e no fim da vida do edifício.

**Qualidade dos dados:** os dados utilizados serão os constantes na base de dados do AIE4B. A ferramenta apenas contempla dados referentes ao sector da construção em regiões do Canadá e Estados Unidos da América, atendendo ao seu perfil energético e ambiental. Optou-se pela base de dados referente à cidade de Atlanta, pois de entre as disponíveis, é a que apresenta perfil climático e topográfico mais semelhante a algumas cidades portuguesas. Para tentar aproximar à realidade energética portuguesa, foram inseridos manualmente alguns dados energéticos, tais como os consumos energéticos anuais do contexto habitacional relativos à eletricidade, gás natural e gásóleo (aquecimento) (INE, 2011c).

**Critério da avaliação:** este é definido pelo AIE4B como sendo a metodologia TRACI.

**Validade e precisão do estudo:** a ferramenta escolhida é recomendada por entidades competentes como a US EPA, entre outras. Como tal, assume-se que os dados resultantes da sua aplicação são rigorosos, pois provêm de bases de dados creditadas.

**Apresentação dos resultados:** os resultados serão apresentados sob a forma de gráficos e tabelas formulados pelo AIE4B. Atendendo à quantidade de resultados que a ferramenta origina, apenas serão apresentados os resultados mais pertinentes.

### 5.3.2. Análise do Inventário do Ciclo de Vida (*“Life Cycle Inventory Analysis”* - LCI)

A fase de inventário e análise numa LCA abarca a criação de uma listagem, onde é compilada a totalidade dos recursos utilizados e emissões produzidas no ciclo de vida do produto. Além da sua enumeração, cada consumo e emissão é quantificado.

No caso deste projecto, todos os dispêndios energéticos e materiais relativos ao sistema construtivo (produto) devem ser incluídos, bem como as diferentes emissões resultantes das várias fases do ciclo de vida.

Para obter um inventário completo, a ferramenta AIE4B permite que sejam geradas tabelas automáticas, com base nos componentes do produto incorporados no projeto. Os dados referentes a cada componente contemplam o seu próprio ciclo de vida anterior ao uso (manufatura e transporte), com os seus impactos gerados e recursos consumidos. Também os processos de construção e seus contributos são contabilizados.

Deste modo, iniciou-se a análise com a introdução na ferramenta AIE4B de todos os materiais que integram os dois modelos desenvolvidos e anteriormente descritos. Para uma correta análise, para cada material são discriminadas as dimensões e todas as características específicas pertinentes (e.g. resistência).

Relativamente aos componentes contabilizados nesta análise e constantes em inventário, estes foram discriminados e quantificados sob a forma de tabela (Tabelas 5.3 e 5.4).

Quanto às emissões para o ambiente (água, atmosfera e solo), estas foram enumeradas e quantificadas em cada fase do ciclo de vida. A sua discriminação em compostos individuais emitidos é consultável no Anexo D.

Quanto aos recursos energéticos e materiais consumidos estes também foram sistematizados e quantificados por fase de ciclo de vida. Foi possível quantificar para cada modelo o contributo das diferentes formas de energia e recursos materiais, sendo possível consultar em Anexo E.

**Tabela 5.3:** Listagem de materiais e suas quantidades no Modelo A.

Material	Quantidade	Unidade	Massa (tonelada)
Gesso cartonado	669,6955	m <sup>2</sup>	5,3977
Betão 20 MPa	21,6249	m <sup>3</sup>	50,2779
Vidro duplo	60,7559	m <sup>2</sup>	0,9338
Polietileno extrudido	126,6558	m <sup>2</sup>	0,1558
Perfis de aço galvanizado	3,6034	Toneladas	3,6034
Massa de acabamento (gesso cartonado)	0,6684	Toneladas	0,6684
Lã de rocha	1698,9952	m <sup>2</sup>	2,2449
Pregos	0,0775	Toneladas	0,0775
OSB	802,7133	m <sup>2</sup>	4,8471
Fita de papel	0,0077	Toneladas	0,0077
PVC (caixilharia)	685,1393	Kg	0,6851
Parafusos	0,0999	Toneladas	0,0999
Madeira (pequena dimensão)	0,3138	m <sup>3</sup>	0,1397
Contraplacado	0,8379	m <sup>2</sup>	0,0040
Tinta aquosa	11,6756	l	0,0088
Armadura (malha electrosoldada)	0,0931	Toneladas	0,0931

**Tabela 5.4:** Listagem de materiais e suas quantidades no Modelo B.

Material	Quantidade	Unidade	Massa (tonelada)
Betão 20 MPa	65,3465	m <sup>3</sup>	151,9306
Betão 30 MPa	227,2674	m <sup>3</sup>	528,3968
Vidro duplo	60,7559	m <sup>2</sup>	0,9338
Polietileno extrudido	3578,2548	m <sup>2</sup>	4,4013
Madeira (grande dimensão)	19,0793	m <sup>3</sup>	8,0496
Pregos	0,0403	Toneladas	0,0403
Polipropileno	0,4243	Toneladas	0,4243
PVC (caixilharia)	685,1393	Kg	0,6851
Armadura (helição)	14,0244	Toneladas	14,0244
Madeira (pequena dimensão)	0,3138	m <sup>3</sup>	0,1397
Tinta aquosa	11,6756	l	0,0088
Armadura (malha electrosoldada)	0,0886	Toneladas	0,0886

### 5.3.3. Avaliação dos Impactos no Ciclo de Vida (*“Life Cycle Impact Assessment”* - LCIA)

A fase de LCIA empreende a sistematização dos dados obtidos na fase anterior. Os dados referentes aos materiais surgem em bruto, com uma miríade de compostos emitidos e recursos consumidos. Para que seja possível extrair conclusões relevantes, estes necessitam de ser traduzidos sob a forma de impactos ambientais. Os impactos devem ainda ser contextualizados em termos de significância ambiental, sempre contemplando a predominância de cada um e sua evolução ao longo do ciclo de vida. Devido à ampla gama de dados que se obtêm em inventário, a LCIA consiste num processo faseado.

Em primeiro lugar, a vasta enumeração de resultados obtidos relacionam-se com diferentes impactos ambientais e surgem com diferentes contributos nos inventários de cada componente. Torna-se necessário categorizar os impactos possíveis, para restringir a análise apenas às categorias com maior relevo para os produtos que estão a ser estudados. Através da análise preliminar dos resultados inventariados, observam-se os potenciais impactos mais predominantes, escolhendo-se os de maior significância. No caso deste projecto, o AIE4B assegura uma categorização simples e automática dos impactos mais relevantes no sector construtivo. Assim, as categorias de impactos avaliadas na LCA foram: CCF, PAG, PA, PPSH, PE, PDCO e PFP.

De seguida os resultados obtidos em inventário são classificados nestas categorias. O inventário apenas fornece uma lista extensa de substâncias consumidas e emitidas. Individualmente, cada substância não permite deduzir que significado ambiental representa. Como tal, apenas depois destas serem classificadas e contextualizadas em impactos, é possível compreender a sua relevância no ciclo de vida do produto.

O AIE4B faz a classificação em impactos presumíveis de forma automática, associando os vários itens listados a uma categoria por meio das várias fases da LCIA em simultâneo: categorização, classificação, caracterização, normalização, agrupamento e ponderação. A ferramenta processa todos os impactos registados por cada componente, ponderando o seu contributo global, por fase de ciclo de vida. Ao fim soma cada impacto individual, normaliza-os e quantifica-os numericamente, permitindo obter indicadores quantificáveis que correspondem às categorias de impacto ambiental definidas.

Deste modo, obtiveram-se tabelas (Tabela 5.5 e 5.6) que descrevem os impactos ambientais de cada modelo analisado, referindo as categorias de impacto mais significativas para a construção, a quantificação total do potencial nefasto e a discriminação do peso de cada fase do ciclo de vida do produto no impacto. Para melhor compreensão os dados foram esquematizados sob a forma de gráfico, ver Figura 5.3 e 5.4.

Tabela 5.5: Medições sumárias Modelo A por impacto ambiental e fase do ciclo de vida.

Impactos ambientais	Materiais e componentes			Processo construtivo			Uso				Fim de vida			Valores Totais			
	Manufatura	Transporte	Total	Processo construtivo	Transporte	Total	Manufatura dos materiais manutenção	Transporte dos materiais manutenção	Energia operativa	Total	Demolição	Transporte	Total	Não transporte	Transporte	Energia Operativa	Total
CCF (MJ)	2,63e+05	5,20e+03	2,73e+05	2,01e+04	1,69e+04	3,70e+04	2,64e+04	5,88e+02	8,29e+04	4,17e+06	-2,21e+03	2,89e+03	6,79e+02	3,13e+05	2,56e+04	4,15e+06	4,48e+06
PAG (Kg CO <sub>2</sub> eq)	2,37e+04	3,82e+02	2,41e+04	1,57e+03	1,30e+03	2,87e+03	2,53e+03	4,24e+01	6,06e+03	3,06e+05	-4,39e+03	2,22e+02	-4,17e+03	2,34e+04	1,95e+03	3,03e+05	3,28e+05
PA (Kg SO <sub>2</sub> eq)	1,48e+02	1,83e+00	1,50e+02	1,35e+01	6,01e+00	1,95e+01	2,05e+01	2,07e-01	4,23e+01	2,13e+03	5,76e+00	1,03e+00	6,79e+00	1,88e+02	9,08e+00	2,11e+03	2,31e+03
PPSH (Kg PM <sub>2.5</sub> eq)	3,55e+01	5,61e-02	3,56e+01	1,48e+00	1,86e-01	1,66e+00	3,12e+00	6,28e-03	4,34e+00	2,20e+02	-6,95e-01	3,18e-02	-6,63e-01	3,94e+01	2,81e-01	2,17e+02	2,57e+02
PE (Kg N eq)	6,01e+00	1,32e-01	6,14e+00	7,50e-01	4,34e-01	1,18e+00	6,01e+00	1,48e-02	5,20e-01	3,20e+01	3,76e-01	7,41e-02	4,50e-01	1,31e+01	6,55e-01	2,60e+01	3,98e+01
PDCO (Kg CFC-11 eq)	1,72e-04	1,53e-08	1,72e-04	5,05e-06	5,18e-08	5,11e-06	4,93e-05	1,70e-09	4,92e-08	5,17e-05	2,79e-08	8,85e-09	3,68e-08	2,26e-04	7,77e-08	2,46e-06	2,28e-04
PFP (Kg O <sub>3</sub> eq)	1,55e+03	6,48e+01	1,61e+03	3,16e+02	2,13e+02	5,29e+02	1,19e+02	7,31e+00	2,07e+02	1,05e+04	2,57e+02	3,63e+01	2,93e+02	2,24e+03	3,21e+02	1,03e+04	1,29e+04

Nota: CCF - Consumo de Combustíveis Fósseis; PAG - Potencial de Aquecimento Global; PA - Potencial de Acidificação; PPSH - Partículas Perigosas à Saúde Humana; PE - Potencial de Eutrofização; PDCO - Potencial de Degradação da Camada de Ozono; PFP - Potencial de Formação de Poluição.

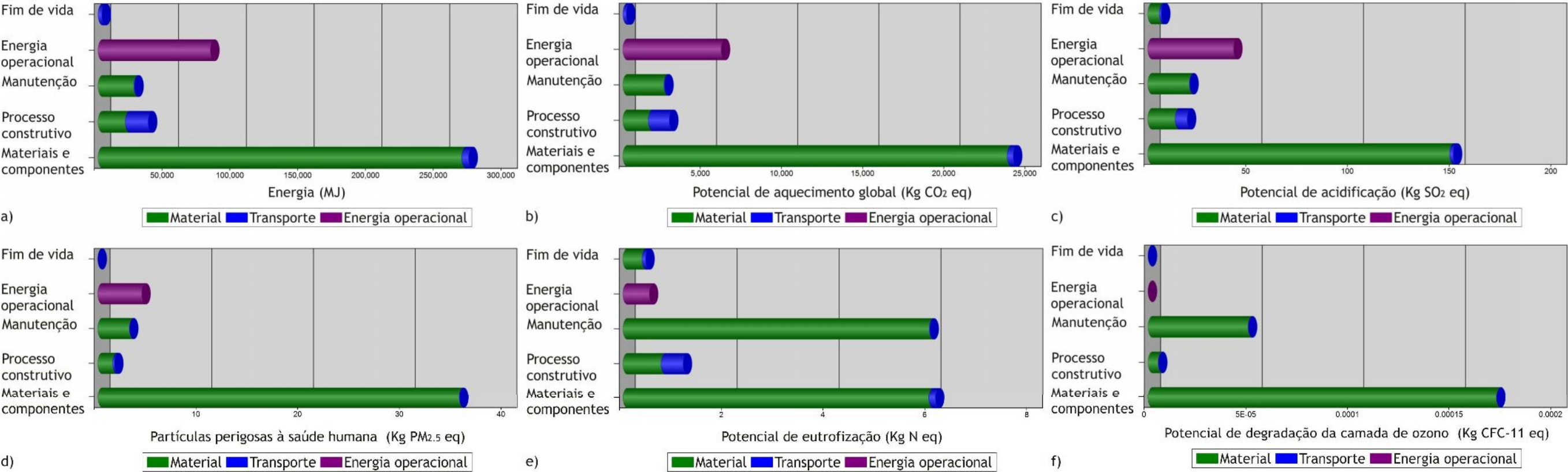


Figura 5.3: Sistematização gráfica dos vários impactos ambientais ao longo do ciclo de vida do Modelo A. a) avaliação do CCF; b) avaliação do PAG; c) avaliação do PA; d) avaliação das PPSH; e) avaliação do PE; f) avaliação do PDCO.

Tabela 5.6: Medições sumárias Modelo B por impacto ambiental e fase do ciclo de vida.

Impactos ambientais	Materiais e componentes			Processo construtivo			Uso				Fim de vida			Valores Totais			
	Manufatura	Transporte	Total	Processo construtivo	Transporte	Total	Manufatura dos materiais manutenção	Transporte dos materiais manutenção	Energia operativa	Total	Demolição	Transporte	Total	Não transporte	Transporte	Energia Operativa	Total
CCF (MJ)	2,63e+05	5,20e+03	2,73e+05	2,01e+04	1,69e+04	3,70e+04	2,64e+04	5,88e+02	8,29e+04	4,17e+06	-2,21e+03	2,89e+03	6,79e+02	3,13e+05	2,56e+04	4,15e+06	4,48e+06
PAG (Kg CO <sub>2</sub> eq)	237e+04	3,82e+02	2,41e+04	1,57e+03	1,30e+03	2,87e+03	2,53e+03	4,24e+01	6,06e+03	3,06e+05	-4,39e+03	2,22e+02	-4,17e+03	2,34e+04	1,95e+03	3,03e+05	3,28e+05
PA (Kg SO <sub>2</sub> eq)	1,48e+02	1,83e+00	1,50e+02	1,35e+01	6,01e+00	1,95e+01	2,05e+01	2,07e-01	4,23e+01	2,13e+03	5,76e+00	1,03e+00	6,79e+00	1,88e+02	9,08e+00	2,11e+03	2,31e+03
PPSH (Kg PM <sub>2,5</sub> eq)	3,55e+01	5,61e-02	3,56e+01	1,48e+00	1,86e-01	1,66e+00	3,12e+00	6,28e-03	4,34e+00	2,20e+02	-6,95e-01	3,18e-02	-6,63e-01	3,94e+01	2,81e-01	2,17e+02	2,57e+02
PE (Kg N eq)	6,01e+00	1,32e-01	6,14e+00	7,50e-01	4,34e-01	1,18e+00	6,01e+00	1,48e-02	5,20e-01	3,20e+01	3,76e-01	7,41e-02	4,50e-01	1,31e+01	6,55e-01	2,60e+01	3,98e+01
PDCO (Kg CFC-11 eq)	1,72e-04	1,53e-08	1,72e-04	5,05e-06	5,18e-08	5,11e-06	4,93e-05	1,70e-09	4,92e-08	5,17e-05	2,79e-08	8,85e-09	3,68e-08	2,26e-04	7,77e-08	2,46e-06	2,28e-04
PFP (Kg O <sub>3</sub> eq)	1,55e+03	6,48e+01	1,61e+03	3,16e+02	2,13e+02	5,29e+02	1,19e+02	7,31e+00	2,07e+02	1,05e+04	2,57e+02	3,63e+01	2,93e+02	2,24e+03	3,21e+02	1,03e+04	1,29e+04

**Nota:** CCF - Consumo de Combustíveis Fósseis; PAG - Potencial de Aquecimento Global; PA - Potencial de Acidificação; PPSH - Partículas Perigosas à Saúde Humana; PE - Potencial de Eutrofização; PDCO - Potencial de Degradação da Camada de Ozono; PFP - Potencial de Formação de Poluição.

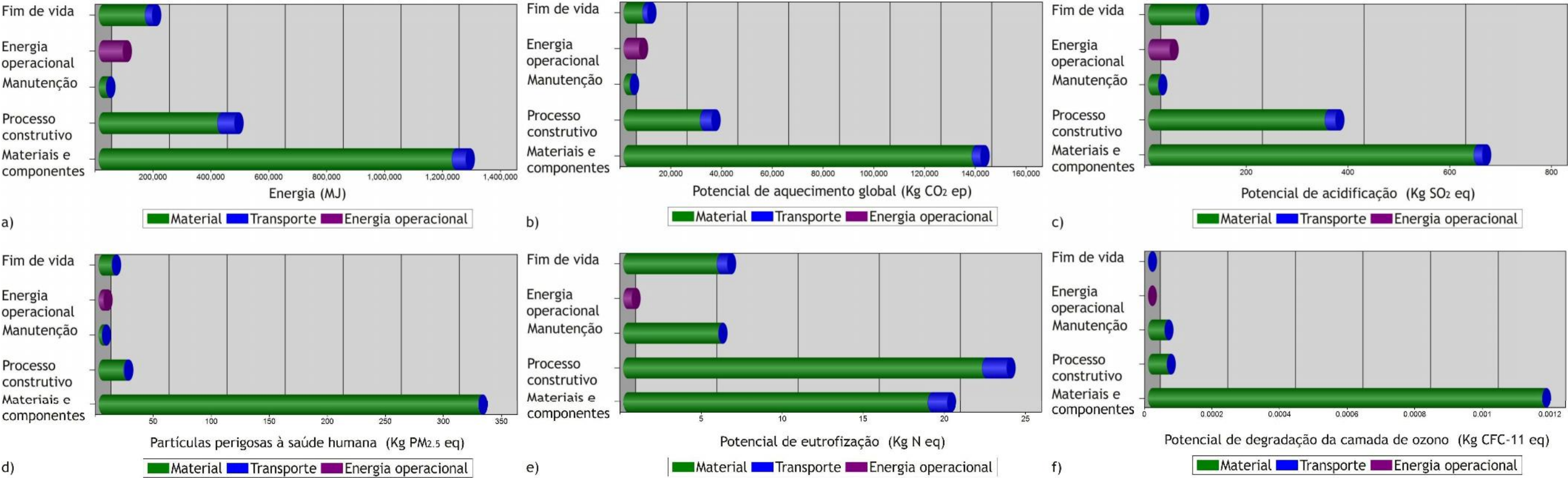


Figura 5.4: Sistematização gráfica dos vários impactos ambientais ao longo do ciclo de vida do Modelo B. a) avaliação do CCF; b) avaliação do PAG; c) avaliação do PA; d) avaliação das PPSH; e) avaliação do PE; f) avaliação do PDCO.

#### 5.3.4. Interpretação dos Dados (“*Life Cycle Interpretation*”)

As fases de recolha e sistematização de dados anteriormente conduzidas, culminam na sua interpretação, à luz dos objetivos propostos.

Recapitulando, a análise de dois modelos distintos teve um objetivo concreto: comparar a *performance* ambiental do sistema construtivo em LSF, com o sistema construtivo tradicional (betão armado). O sistema construtivo em LSF foi o objeto principal desta análise, pois pretendeu-se averiguar se existia fundamento nas reivindicações da sua maior sustentabilidade. Assim, utilizou-se o sistema construtivo tradicional como controlo para a comparação, pois é um sistema amplamente utilizado em Portugal e cujos efeitos ambientais são claramente conhecidos.

Deste modo é possível apresentar os resultados anteriores sob a forma de gráfico comparativo e extrair conclusões sobre a veracidade do benefício do LSF em sustentabilidade.

##### **Comparação dos impactos ambientais por componente estrutural**

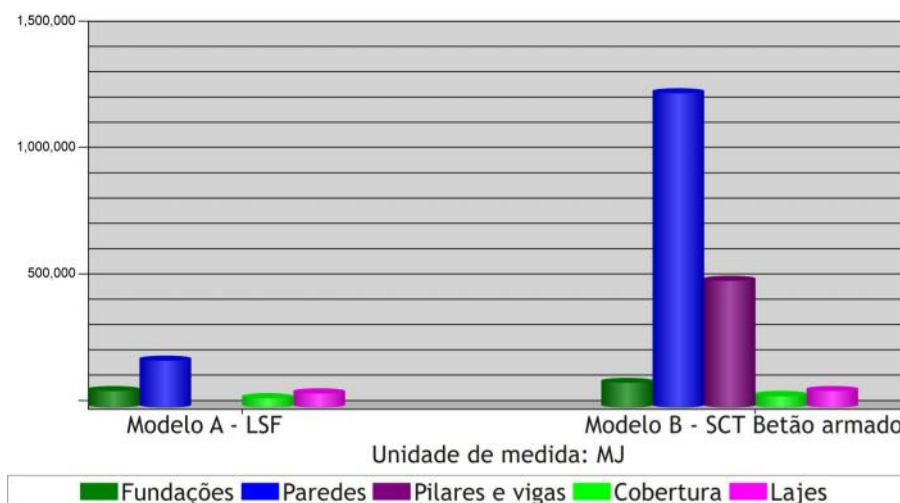
Foi possível avaliar os impactos ambientais de cada componente estrutural, quando inserido nos sistemas construtivos. Como tal, obtiveram-se gráficos (Figura 5.5 à Figura 5.12) que relacionam a quantificação de cada impacto ambiental por componente, permitindo comparar a sustentabilidade construtiva dos elementos de cada modelo em estudo.

Pela observação conjunta dos vários gráficos obtidos, os componentes do Modelo A apresentaram *performances* ambientais superiores às do Modelo B, associando-se a menores impactos ambientais. Em todos os gráficos o Modelo B apresenta uma desvantagem inerente à técnica construtiva: a produção de matéria-prima (betão) e outros elementos em obra, que ao não ser necessário no Modelo A, geram um impacto adicional face a este.

O elemento cujo resultado é mais significativo são as paredes. No Modelo B, as paredes incorrem em impactos ambientais amplamente superiores aos do Modelo A. Para ser possível compreender o porquê deste resultado, é necessário observar atentamente o material e processo de fabrico que constitui as paredes de ambos os modelos.

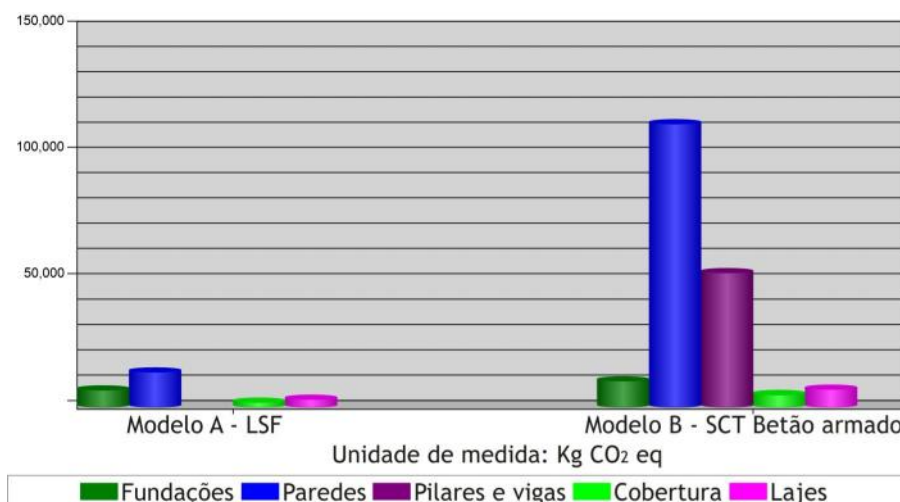
No caso do Modelo B, os blocos térmicos de argila expandida que constituem em grande parte as suas paredes, são manufaturados por processos a quente. Os fornos utilizados para o cozimento da argila requerem temperaturas elevadas, garantidas pelo consumo de grandes quantidades de combustíveis fósseis. Este ponto explica os valores elevados de CCF associados às paredes do Modelo B (Figura 5.5). O LSF não implica consumos tão elevados, pois os perfis utilizados nas paredes são enformados a frio. Como tal, o CCF corresponde na sua maioria ao transporte dos elementos. Também os pilares e vigas existentes no Modelo B representam um consumo adicional de combustível, pois a sua manufatura e aplicação requer o uso de maquinaria pesada, que utiliza combustíveis fósseis para operar. Quanto aos restantes elementos, as suas propriedades são semelhantes ou idênticas, originando consumos

próximos. De realçar apenas as fundações que sendo constituídas pelo mesmo material, apenas diferem na quantidade utilizada, refletindo-se no resultado.



**Figura 5.5:** Comparação do CCF por componente estrutural para os dois modelos.

Em consequência do CCF, surgem vários impactos subsequentes, com origem dos subprodutos emitidos pela combustão. Os vários gases emitidos ( $\text{CO}_x$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$ ) encontram-se associados ao PAG (Figura 5.6), ao PDCO (Figura 5.7), ao PFP (Figura 5.8) e ao PA (Figura 5.9). Também as PPSH (Figura 5.10) e o PE (Figura 5.11 e 5.12) podem encontrar-se relacionados com o uso destes combustíveis, no entanto, podem existir outros fatores significantes.



**Figura 5.6:** Comparação do PAG por componente estrutural para os dois modelos.



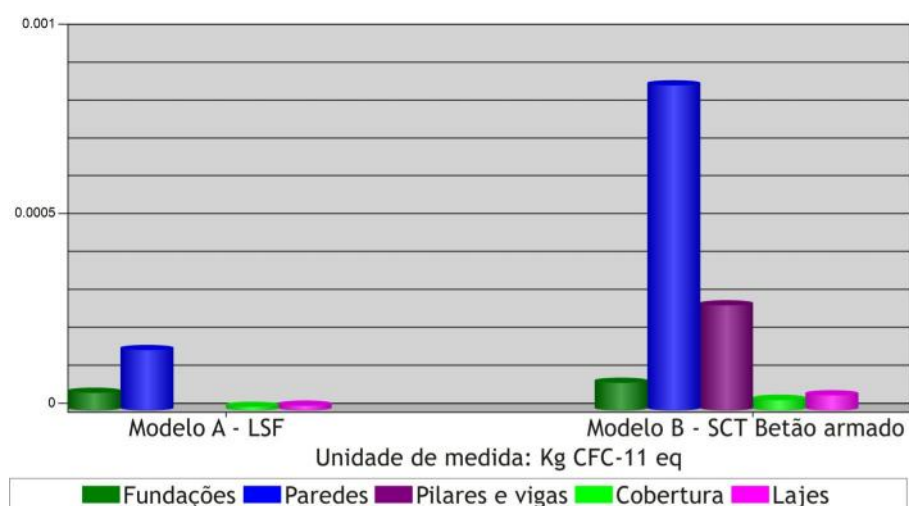


Figura 5.7: Comparação do PDCO por componente estrutural para os dois modelos.

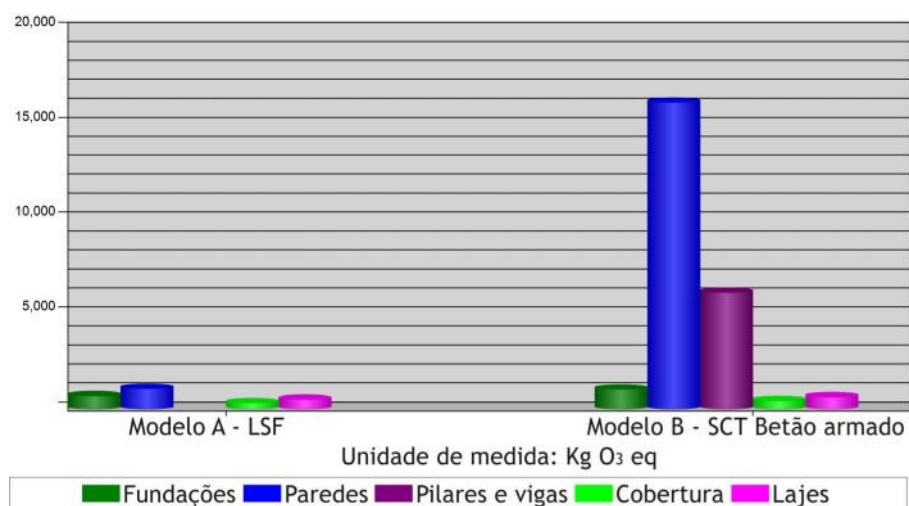


Figura 5.8: Comparação do PFP por componente estrutural para os dois modelos.

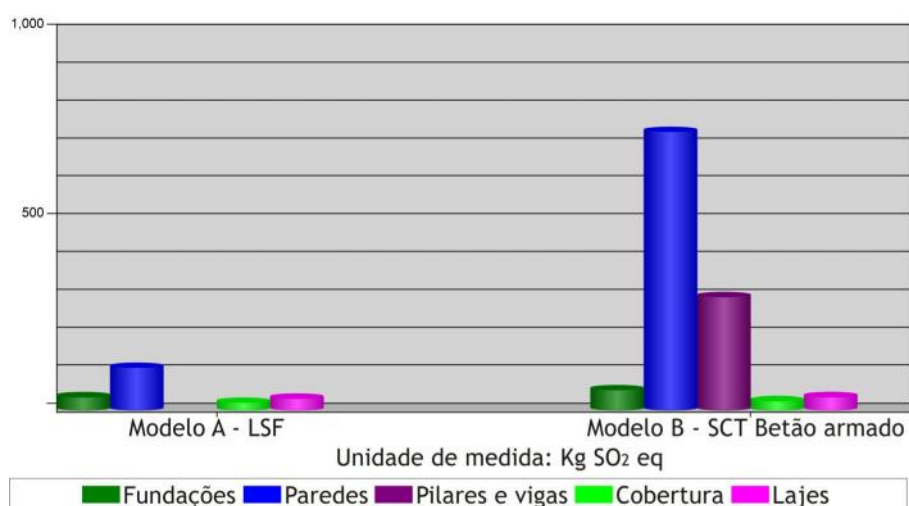
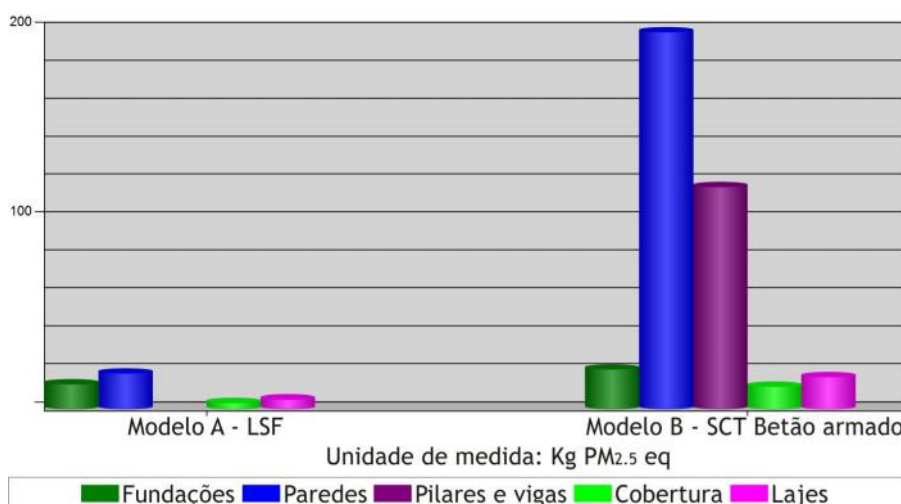


Figura 5.9: Comparação do PA por componente estrutural para os dois modelos.

Os resultados referentes ao PAG, ao PDCO, ao PFP e ao PA são equiparáveis entre si e concordam com os valores observados no CFF (Figura 5.5). Deste modo conclui-se que o fator que mais contribui para os impactos ambientais descritos da Figura 5.6 à Figura 5.9 é o processo de fabrico dos materiais e a necessidade que existe em consumir combustíveis fósseis.

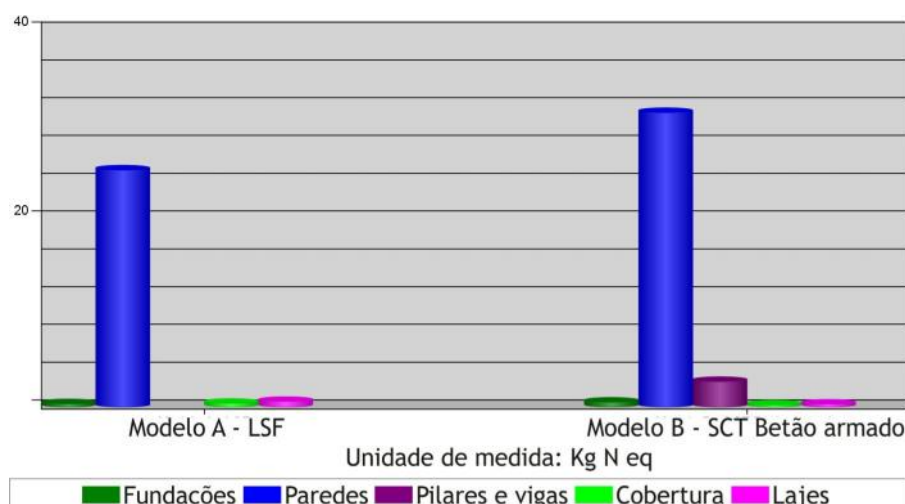
Quanto às PPSH (Figura 5.10), estas espelham os resultados anteriores, sugerindo que durante a combustão envolvida no fabrico, aplicação e transporte dos vários elementos, se formam partículas inaláveis danosas. Neste campo os pilares e vigas destacam-se por terem maior relevo neste impacto que nos anteriores. O pó de cimento inerente à execução destes elementos é um pó fino, que ao ser inalado pode incorrer em danos à saúde humana. Como tal, esta característica é contabilizada neste impacto, levando ao maior potencial de dano associado a este elemento.



**Figura 5.10:** Comparação do PPSH por componente estrutural para os dois modelos.

Por fim, o PE reflete os compostos azotados emitidos pelos vários processos associados aos elementos construtivos e que podem ser introduzidos em cursos de água. Estes fornecem nutrientes suplementares e habitualmente limitantes aos microrganismos aquáticos, provocando o seu crescimento exagerado e consequentes danos no ecossistema normal. Como tal, os compostos azotados referidos podem surgir de várias fontes, que não a combustão, tais como fertilizantes e produtos da degradação de materiais azotados (Ali, 2009; Bare et al., 2003).

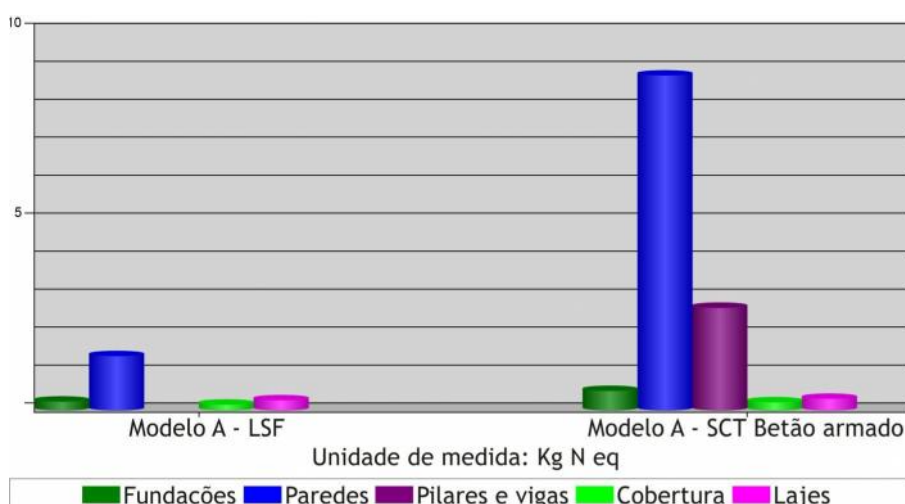
Nos resultados obtidos (Figura 5.11), o elemento a que se associa em maior escala este potencial são as paredes, no entanto, não apenas no Modelo B como nos restantes impactos, mas também no Modelo A.



**Figura 5.11:** Comparação do PE por componente estrutural para os dois modelos.

Atendendo que este resultado difere do expectável (menor potencial de eutrofização no Modelo A), procurou-se avaliar qual dos materiais utilizados nas paredes, que sendo comum aos dois modelos (caixilharia ou portas), contribuía para esta disparidade.

Por exclusão individual de cada componente, observou-se que o PVC na caixilharia exterior é o elemento que conduz ao alto PE, não conduzindo a alterações nos restantes impactos avaliados (Figura 5.12). Ao longo da utilização, o PVC e compostos que lhe podem ser adicionados (*e.g.* ftalatos) sofrem degradação. Os compostos originados (*e.g.* dioxinas) além de incorrerem em danos diretos na saúde humana, podem ser acumulados na biomassa aquática. Alguns organismos aquáticos conseguem utilizá-los como nutrientes, promovendo a eutrofização do ecossistema (Ali, 2009).



**Figura 5.12:** Comparação do PE por componente estrutural para os dois modelos modificados pela exclusão da caixilharia exterior em PVC.

Nos resultados obtidos após a exclusão do PVC (Figura 5.12) observou-se um nítido decréscimo do PE associado a ambos os modelos, visível na diminuição da escala dos valores. A equidade anteriormente existente entre os dois modelos também desapareceu, tornando-se as paredes

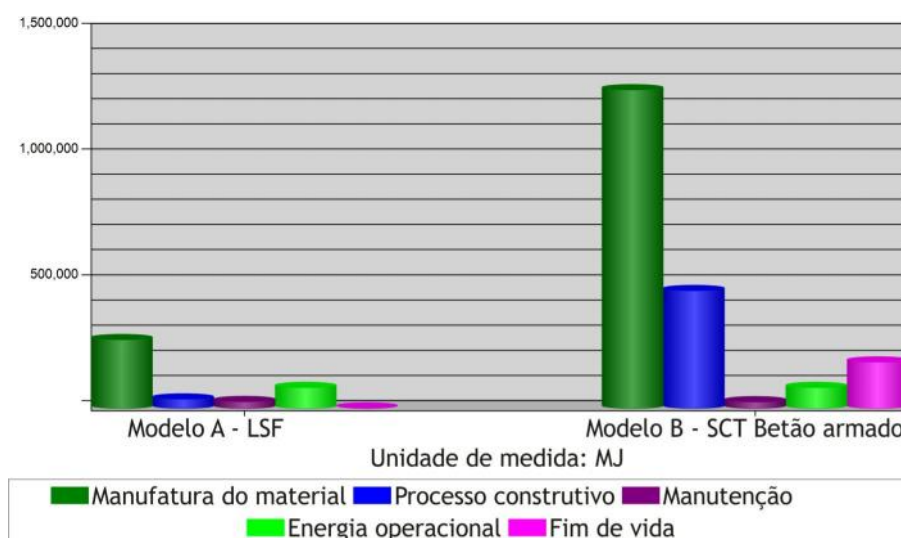
do Modelo B mais relevantes em relação ao PE. O PE do Modelo B poderá dever-se à maior combustão e emissão de compostos azotados face ao Modelo A, que por se precipitarem da atmosfera sob a forma de chuva, ficam disponíveis na água.

Com a comparação dos elementos estruturais de cada modelo, foi possível concluir que o maior impacto ambiental decorre do uso de combustíveis fósseis e suas consequências. Pelas técnicas de fabrico, o elemento que apresenta maiores problemas ambientais são as paredes em bloco térmico do Modelo B. Como tal, o Modelo A rodeia estes problemas, recorrendo ao uso de elementos construtivos com menor impacto ambiental.

### Comparação dos impactos ambientais por fase do ciclo de vida

Ao longo do ciclo de vida é possível que exista a preponderância de determinados impactos sobre outros, atendendo aos processos que ocorrem maioritariamente em cada momento. Obtiveram-se gráficos que comparam os indicadores de impacto ambiental disponibilizados pelo AIE4B em cada momento do ciclo de vida de ambos os modelos (Figura 5.13 à Figura 5.20).

Para a análise dos gráficos, partiu-se do pressuposto anterior de que os impactos ambientais PAG, PDCO, PFP e PA são causados maioritariamente pelo CCF. Como tal, observaram-se primeiro os resultados obtidos para a CCF (Figura 5.13) e como se interligam com os restantes impactos. Manteve-se, também, presente as conclusões da análise dos elementos construtivos, isto é, que as paredes, vigas e pilares associados ao Modelo B incorrem nos maiores impactos.



**Figura 5.13:** Comparação do CCF por fase do ciclo de vida para os dois modelos.

Verificou-se que o Modelo B apresenta consumos energéticos (MJ - Mega Joules) associados a estes combustíveis superiores ao Modelo A. Este resultado era esperado devido às diferentes necessidades energéticas associadas a cada modelo ao longo do ciclo de vida.

O Modelo A é constituído por elementos mais leves que o Modelo B, pelo que o transporte dos seus materiais não envolve um consumo de combustível tão elevado. Este fator influencia todos os momentos do ciclo de vida, conferindo um acréscimo de impacto ao Modelo B.

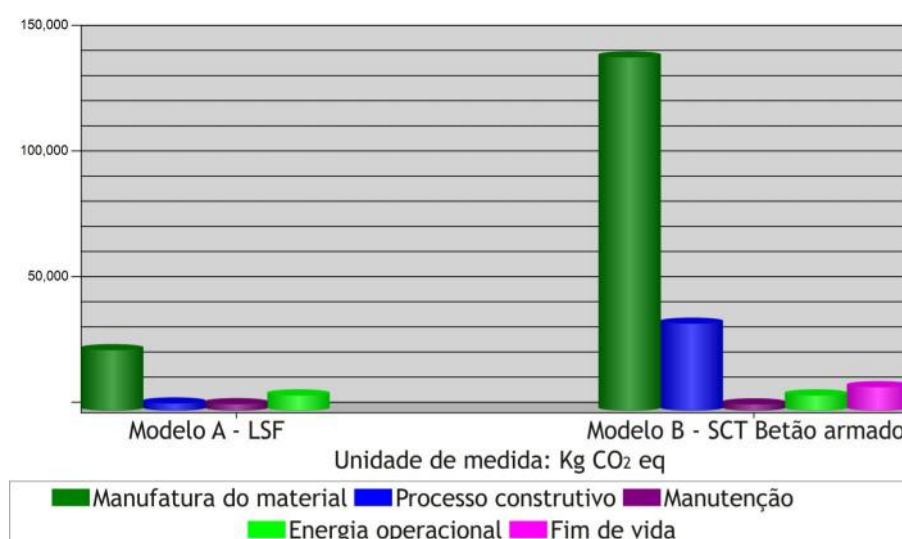
Quanto à manufatura, os perfis metálicos utilizados no Modelo A oferecem vantagens, pois não envolvem etapas com aquecimento como o fabrico dos blocos térmicos no Modelo B. Esta diferença aparenta ser significativa, pois traduz-se na grande disparidade de CCF na manufatura, com o Modelo B a apresentar resultados cerca de 5 vezes superiores ao Modelo A, tratando-se do maior CCF.

Passando ao processo construtivo, o Modelo A é executado sem necessitar de maquinaria pesada, que funciona mediante combustíveis. Em oposição, o processo construtivo do Modelo B envolve não só o uso de maquinaria pesada no transporte de materiais, como a preparação de matéria-prima (betão) em obra e manuseamento da mesma, acrescentando um valor significativo ao CCF do processo. Este acréscimo é confirmado pelo resultado do Modelo B, cerca de 15 vezes superior ao do Modelo A.

Quanto à energia operacional esta é idêntica para ambos os modelos, visto que apenas depende do contexto energético do local de construção e uso do edifício.

Por fim, também o fim de vida do Modelo B necessita de um grande dispêndio energético, recorrendo-se a maquinaria pesada para o desmantelamento do edifício. No entanto o dispêndio é inferior ao processo construtivo do mesmo, pois naturalmente necessita de menos equipamento. Ao dispensar o uso destes equipamentos, o Modelo A apresenta-se vantajoso, mesmo no fim de vida. Esta diferença comprova-se pelo resultado de CCF irrelevante nesta fase para o Modelo A e notório para o Modelo B.

Partindo para a análise dos impactos diretamente ligados ao CCF procurou-se verificar se os resultados são concordantes entre si e com a análise do CCF (Figura 5.14 à 5.17).

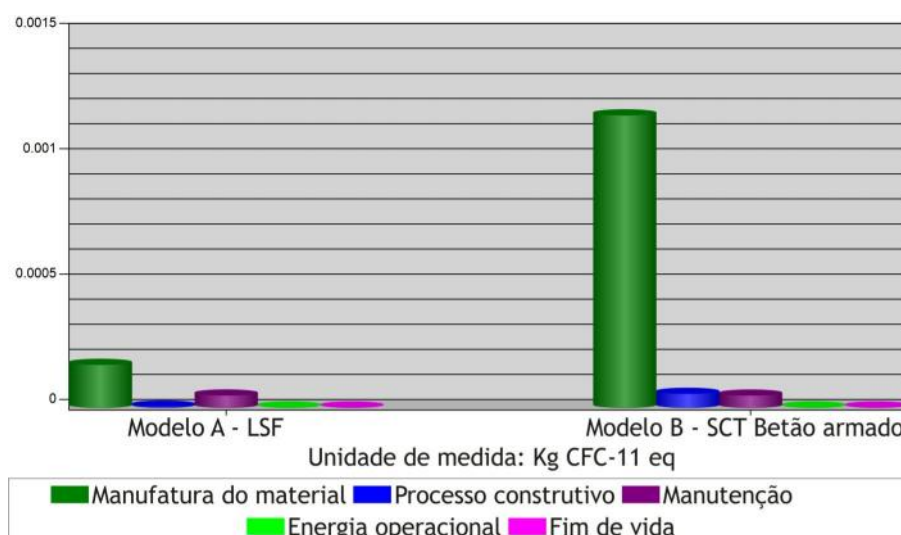


**Figura 5.14:** Comparação do PAG por fase do ciclo de vida para os dois modelos.

O primeiro impacto derivado do CCF analisado foi o PAG (Figura 5.14). Os seus resultados espelham em grande parte o padrão de CCF obtido, indicando que há uma forte relação entre ambos, sendo os compostos químicos que conduzem ao aquecimento global, produzidos maioritariamente pelo CCF.

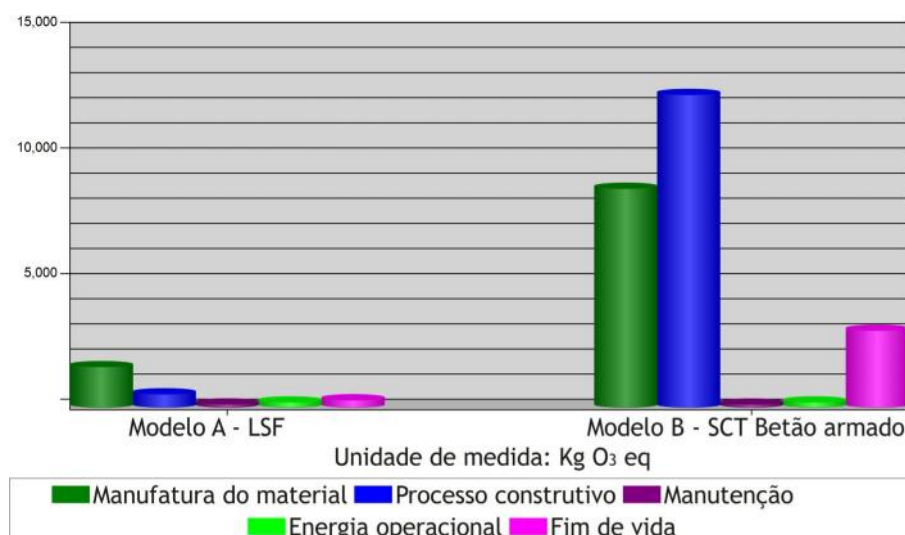
Assim, o maior PAG detetado associa-se à manufatura dos elementos do Modelo B, o qual em comparação com o Modelo A, gera cerca de 6 vezes mais massa (Kg) de compostos com potencial de aquecimento global equivalente ao CO<sub>2</sub>, sendo este o composto derivado da combustão que causa este efeito de modo mais notório.

Quanto ao PDCO (Figura 5.15), novamente o resultado que mais se destaca é a manufatura do material de ambos os modelos, refletindo os dados anteriores. A diferença entre ambos é ainda mais acentuada: o Modelo B emite cerca de 7 vezes mais massa (Kg) de compostos com ação equivalente ao CFC-11, o composto padrão para avaliação da ação destruidora da camada de ozono (Bare et al., 2003).



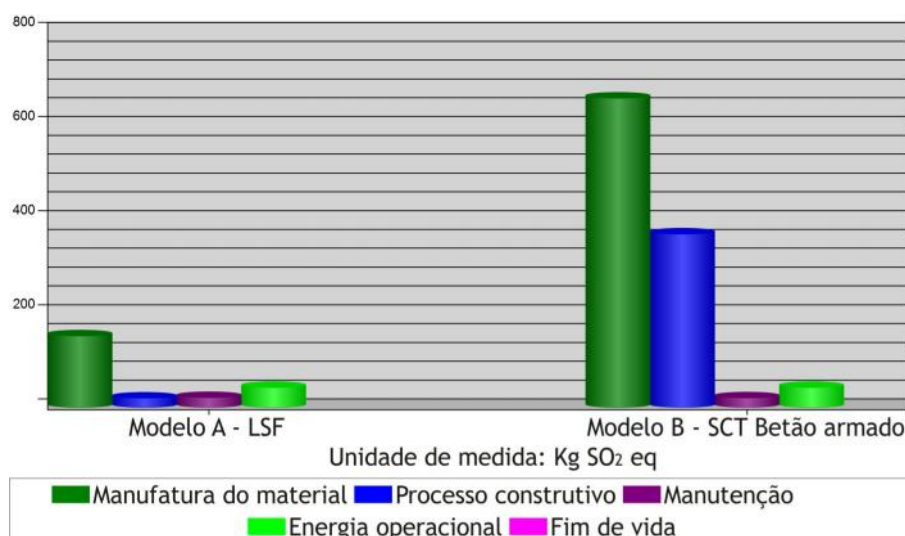
**Figura 5.15:** Comparação do PDCO por fase do ciclo de vida para os dois modelos.

Passando ao PFP (Figura 5.16), este contabiliza a formação de compostos com atividade deletéria (Kg) equivalente ao ozono troposférico (O<sub>3</sub>). O ozono apenas tem ação benéfica por proteção dos raios ultravioleta quando se localiza na camada do ozono, na estratosfera. Se estiver presente na troposfera, camada da atmosfera que o Homem habita, tem efeitos bastante negativos na saúde humana. Deste modo, o ozono troposférico representa o padrão para os compostos poluentes com vida curta na atmosfera. A sua formação advém maioritariamente da ação da radiação solar sobre os poluentes originados pela queima de combustíveis fósseis, sendo expectável resultados relacionados com os CCF (Bare et al., 2003).



**Figura 5.16:** Comparação do PFP por fase do ciclo de vida para os dois modelos.

Assim, o Modelo B apresenta emissões superiores, tal como ocorreu nos restantes impactos. No entanto, as fases com mais PFP diferem entre ambos os modelos: no caso do Modelo A, formam-se na manufatura, pois esta é a fase que mais consome combustíveis fósseis, gerando os poluentes contabilizados no PFP; no Modelo B, embora a manufatura seja a fase com maior consumo de combustível, este ocorre em fábrica, onde a emissão de poluentes derivados para a atmosfera pode ser reduzida e controlada. Já as emissões resultantes da queima de combustíveis fósseis no processo construtivo no Modelo B, não são controláveis, gerando-se o impacto mais importante nesta fase. Pela mesma razão, o fim de vida do Modelo B implica a formação de mais poluentes, pois necessita de maquinaria pesada utilizada para o desmantelamento ao ar livre, consumindo combustível fóssil. Sob esta perspetiva, o Modelo A apresenta-se muito mais favorável ambientalmente, pois ao longo do seu ciclo de vida depende menos dos combustíveis fósseis, conduzindo a menores emissões dos poluentes derivados.



**Figura 5.17:** Comparação do PA por fase do ciclo de vida para os dois modelos.

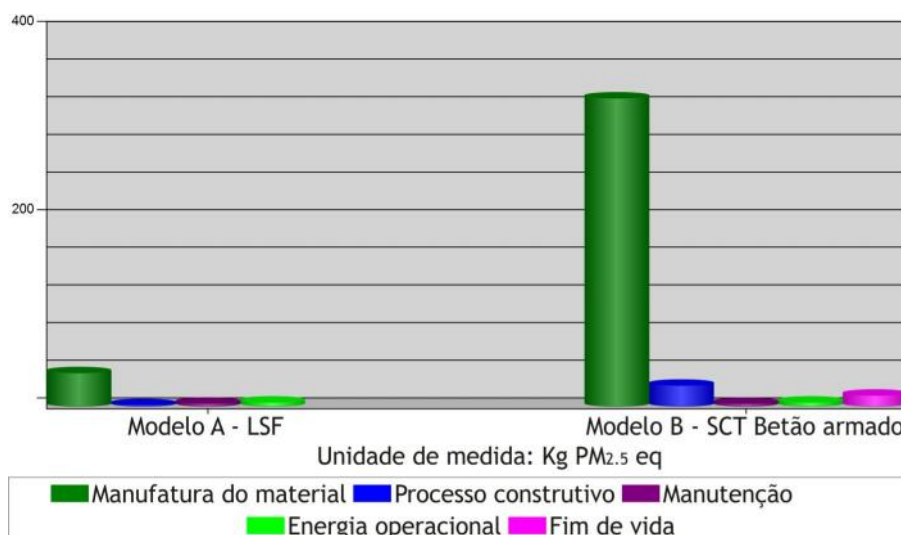
Por fim, o último impacto com relação direta ao CCF é o PA (Figura 5.17). A sua unidade relaciona as emissões produzidas com o SO<sub>2</sub>, composto causador de chuvas ácidas, conhecido e estandardizado (Bare et al., 2003).

Pela análise dos dados obtidos, a manufatura do material surge novamente como o ponto do ciclo de vida com maior potencial de acidificação. O Modelo B, em relação ao Modelo A, emite cerca de 4,5 vezes mais compostos (Kg) com ação acidificante equivalente ao SO<sub>2</sub> durante a manufatura, sendo o resultado obtido o mais elevado. Este resultado reflete os dados do CCF, o qual é máximo para a manufatura em ambos os modelos, mas com impacto superior no Modelo B.

Em relação ao processo construtivo, este gera menor impacto que a manufatura em ambos os modelos. No entanto, a diferença de resultados entre os dois modelos é bastante mais elevada: o Modelo B emite uma massa de compostos equivalentes ao SO<sub>2</sub> cerca de 18 vezes superior ao Modelo A. Esta ampla diferença reflete o maior trabalho em obra e a necessidade de produção de matéria-prima (betão) e outros elementos em obra.

Com as comparações anteriores, verificou-se a provável relação entre o CCF e os impactos dele derivado: PAG, PDCO, PFP e PA. Em todos eles, o Modelo A manifestou-se como uma alternativa mais sustentável ao nível do uso de combustíveis fósseis e impactos decorrentes.

Passando aos impactos que não dependem exclusivamente do CCF, comparou-se a formação de PPSH (Figura 5.18) ao longo do ciclo de vida.



**Figura 5.18:** Comparação do PPSH por fase do ciclo de vida para os dois modelos.

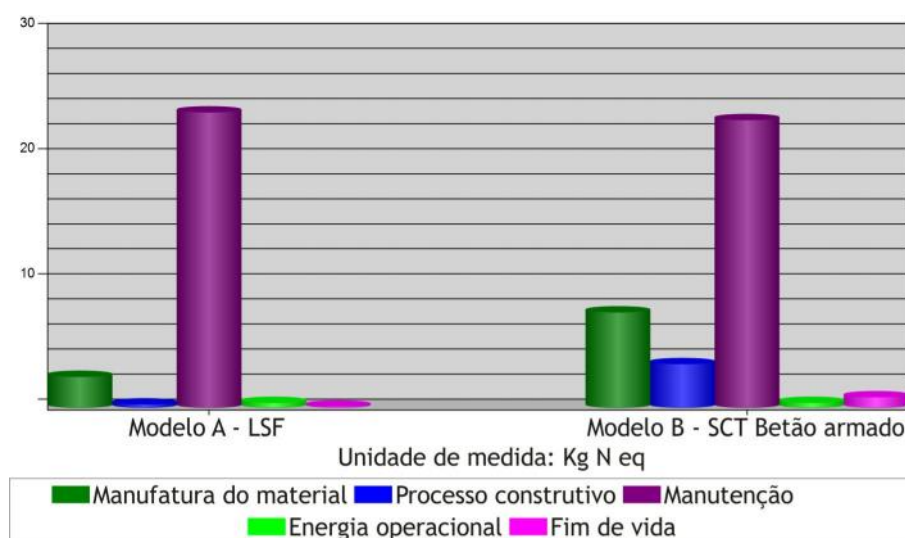
A formação de PPSH apenas apresenta relevo na manufatura de ambos os modelos. No entanto, a sua importância tem um relevo muito superior no Modelo B. Este gera nesta fase cerca de 7 vezes mais partículas perigosas (Kg), equivalentes a partículas de matéria com diâmetro inferior a 2,5 µm (PM<sub>2.5</sub>). Quanto mais pequeno o diâmetro das partículas com efeitos nefastos na saúde, maior é o seu potencial de causar dano, pois conseguem infiltrar-se mais profundamente no pulmão do Homem. O PM<sub>2.5</sub> é uma unidade que se refere ao tamanho



mais pequeno de partículas, designadas de partículas finas e apresentando maior poder prejudicial (Bare et al., 2003).

O fabrico dos elementos para o Modelo B gera maior quantidade de partículas com  $PM_{2.5}$ , pois envolve a mistura de agregados e aglomerantes, que consistem em pós finos e podem ser inalados, tal como o pó de cimento anteriormente citado. O Modelo A não envolve este risco, podendo a baixa quantidade de partículas formadas advir do processo de corte dos perfis. Como tal, o Modelo A apresenta menor risco para a saúde.

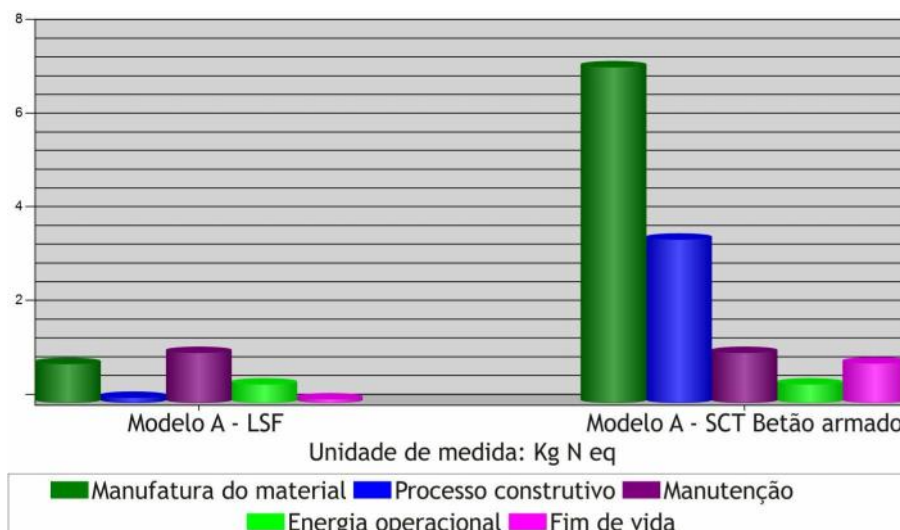
Quanto ao último impacto analisado, o PE (Figura 5.19), considerando os resultados obtidos na comparação dos elementos construtivos, era expectável que os resultados refletissem o contributo comum a ambos os modelos do PVC.



**Figura 5.19:** Comparação do PE por fase do ciclo de vida para os dois modelos.

Com o gráfico obtido (Figura 5.19), a manutenção foi a fase com mais destaque e com resultados similares em ambos os modelos. A caixilharia composta por PVC é o elemento responsável pelo maior impacto associado à manutenção. A caixilharia é um componente do sistema construtivo que deve sofrer manutenção regular ao longo da vida do edifício. Como tal, é natural que o PVC apresente maiores impactos na manutenção, visto que é a sua degradação potencia a eutrofização.

Com a Figura 5.20, contabilizaram-se os restantes materiais de modo a avaliar, para além do PVC na manutenção, quais as fases do ciclo de vida são afetadas pelos restantes materiais e incorrem em maior PE.



**Figura 5.20:** Comparação do PE por fase do ciclo de vida para os dois modelos modificados pela exclusão da caixilharia exterior em PVC.

Nesta comparação, o PE decresceu bastante na manutenção, mantendo-se equiparável entre ambos os modelos. Este poderá ser decorrente das portas, outro material comum.

Comparavelmente aos casos anteriores, a manufatura e processo construtivo do Modelo B são as fases com PE superior. Os impactos foram contabilizados em relação ao azoto (N), sendo este um nutriente limitante cuja introdução nos ecossistemas aquáticos provoca eutrofização (Bare et al., 2003).

O Modelo B gera, em relação ao Modelo A, cerca de 9 e 35 vezes mais compostos (Kg) com PE equivalente ao azoto (N) nas fases de manutenção e processo construtivo, respetivamente. Mesmo no fim da sua vida, o Modelo B associa-se a um PE significativo, comparado com o irrelevante do Modelo A.

Em conclusão, quando analisado cada modelo de modo independente, a maioria dos impactos surge na fase de manufatura dos elementos do sistema construtivo. No entanto, quando se passa à análise comparativa dos impactos, o Modelo A apresenta-se mais vantajoso ao longo do seu ciclo de vida. O LSF oferece vantagens em todos os momentos do ciclo de vida do edifício face ao betão armado, sendo que grande parte das vantagens decorrem da menor necessidade de consumo de combustíveis fósseis para a sua edificação, manutenção e disposição final.

## 6. Capítulo | Conclusão

Desde sempre que a construção teve um papel essencial na vida do Homem. À medida que as necessidades da humanidade e a sua capacidade tecnológica têm evoluído, também a construção o tem feito. Para melhor cumprir o seu papel, a construção não é linear nem constante, devendo sim ter a capacidade de se adaptar ao que dela é esperado.

Até à atualidade, o Homem tem vivido uma era de crescimento desenfreado, tanto demográfico, como técnico e científico. Criaram-se pressões ao nível do que era necessário da construção que levaram ao estudo e à criação de novas metodologias e materiais construtivos. No entanto, apenas recentemente e à luz dos efeitos nefastos consequentes do sector construtivo, têm surgido preocupações acerca da sustentabilidade ambiental das opções tomadas. A construção permanece como um dos sectores que mais contribui para os impactos negativos no ambiente implicando uma necessidade urgente de serem revisitadas as técnicas utilizadas e promovidas novas metodologias e novos materiais.

O arquiteto não deve permanecer inerte. Como profissional da construção compete-lhe manter-se atualizado, procurando responder aos atuais problemas construtivos da humanidade. Se a humanidade enfrenta a deterioração do seu meio ambiente, pondo em causa a sua sobrevivência e se o arquiteto atua num dos sectores mais gravosos nesta situação, está ao seu alcance agir como um motor do desenvolvimento sustentável. Para tal, o conhecimento aprofundado e atual das inovações técnicas sustentáveis e a sua aplicação consciente devem ser propósitos para o arquiteto do futuro.

Neste contexto, por mais soluções sustentáveis que uma construção adote, esta nunca será totalmente sustentável, se durante a fase de projeto não for contemplada a sustentabilidade dos materiais e sistemas construtivos.

Torna-se necessário que o arquiteto esteja atento à influência destes parâmetros, mantendo em consciência que neles se encerra a grande parte do potencial impacto ambiental do sector da construção. Na fase de projeto compete-lhe debruçar-se nestes temas, procurando a construção sustentável desde a raiz do projeto, logo na escolha dos materiais e sistema construtivo.

Neste âmbito o LSF surge como novidade em ascensão no panorama construtivo português. Este sistema construtivo, rotulado como sustentável, é amplamente utilizado em países como os Estados Unidos da América e Canadá, existindo provas das aplicabilidades e benefícios ambientais. No entanto, no contexto português são escassos os estudos que confirmem a sua adequação às necessidades. Em particular, não existem dados se este constitui uma alternativa mais sustentável ao sistema construtivo tradicional (betão armado). Acrescendo a estas dificuldades encontra-se uma falta notória de manuais que regulamentem e guiem o seu processo construtivo e promovam a sua utilização.

Considerando o potencial benefício que o LSF encerra, devem ser conduzidos estudos que avaliem imparcialmente a *performance* do sistema. Tratando-se esta de uma avaliação de sustentabilidade, deve envolver a aplicação de ferramentas inseridas no tema, como por exemplo, a LCA. Esta ferramenta abarca uma conceção global dos produtos e seus impactos ambientais, desde a produção até à sua disposição. Deste modo, possibilita a comparação entre dois produtos com características distintas, mas funcionalidades idênticas, auxiliando na escolha do mais favorável a nível ambiental.

Foi com estas premissas que se pretendeu partir para um projeto de dissertação com um tema contemporâneo, mas por vezes esquecido. As mudanças que se observam, na arquitetura e nas expectativas sobre o arquiteto, incentivaram ao desenvolvimento do tema.

Com a génese, análise e interpretação de uma LCA, foi possível verificar que o LSF é uma alternativa com menor impacto ambiental relativamente ao sistema construtivo tradicional. Pelas suas características, técnicas de construção e disposição final, o LSF depende menos do Consumo de Combustíveis Fósseis que o sistema construtivo tradicional. Necessita de menos maquinaria pesada para as operações de edificação e desmantelamento, sendo mais leve não consome tanto combustível nas operações de transporte e o fabrico dos perfis que o compõem é feito sem necessidade de aquecimento. Estas vantagens traduzem-se numa diminuição de todos os impactos diretamente decorrentes dos combustíveis fósseis: Potencial de Aquecimento Global, Potencial de Degradação da Camada do Ozono, Potencial de Formação de Poluição e Potencial de Acidificação.

Outros impactos como o Potencial de Eutrofização e as Partículas Perigosas à Saúde Humana são também inferiores no modelo com o LSF. Destaco, ainda, que além do menor consumo de combustível, o LSF apresenta a vantagem de os seus elementos serem totalmente manufacturados em fábrica, permitindo que algumas das emissões ambientais sejam controladas (*e.g.* compostos equivalentes ao ozono troposférico e partículas perigosas à saúde humana).

Também a inexistência de produção de matérias-primas (betão) em obra constituiu uma grande diferença entre o sistema construtivo tradicional e o LSF, motivando uma grande disparidade entre os impactos causados por ambos os modelos na fase de processo construtivo, com favorecimento do LSF.

Deste modo, o LSF apresentou *performances* ambientais superiores ao sistema construtivo tradicional relativamente a todos os impactos ambientais estudados.

No entanto é importante salientar que existiram limitações. A LCA é um processo complexo e moroso, não sendo prático utilizá-la sem que se recorra a ferramentas informáticas, tal como a utilizada. As ferramentas específicas para a construção foram desenvolvidas com bases de dados referentes aos seus locais de origem. Como tal, não é possível fazer uma transposição total à realidade portuguesa.

Deste modo, mais do que fornecer resultados conclusivos, esta análise pretende lançar o alerta de que existem novas valências que o arquiteto pode assumir. Existem novas ferramentas que o podem auxiliar na tomada de decisões sustentáveis, optando por materiais e soluções construtivas mais adequadas. Até os materiais mais comumente utilizados podem incorrer em impactos ambientais bastante graves, nem sempre claramente visíveis (e.g. PVC). É útil conduzir LCA's, pois os seus resultados poderão ser surpreendentes e com consequências relevantes.

Em suma, será interessante no futuro desenvolver bases de dados sobre o contexto português, que permitam obter resultados próximos da nossa realidade. À luz dos resultados obtidos conclui-se, também, que será importante continuar a realizar LCA's, tornando-as uma ferramenta de auxílio ao desenvolvimento do projeto.



## Bibliografia

- Ali, M.I., 2009. *Microbial Degradation of Polyvinyl Chloride Plastics*. Tese de Doutorado em Microbiologia. Quaid-i-Azam University - Department of Microbiology.
- Allen, E. & Thallon, R., 2011. *Fundamentals of Residential Construction* 3ª ed., New Jersey, John Wiley & Sons, Inc., ISBN: 978-0-470-54083-1.
- Anderson, L.O., 2002. *Wood-Frame House Construction* Forest Products Laboratory - U.S. Department of Agriculture, ed., Books for Business, ISBN: 0-89499-167-1.
- Ashby, M.F., 2009. *Materials and the Environment: Eco-Informed Material Choice* 1ª ed., Canad, Elsevier Science, ISBN: 978-1-85617-608-8.
- Athena SMI, 2014a. *Athena Guide to Whole-Building LCA in Green Building Programs* 1ª ed., Canad, Athena Sustainable Materials Institute. Disponvel em: [www.athenasmi.org](http://www.athenasmi.org).
- Athena SMI, 2014b. Athena Sustainable Materials Institute. Disponvel em: <http://www.athenasmi.org/> [Consultado a: 31 de maro de 2014].
- Bare, J.C. et al., 2003. TRACI: The Tool for the Reduction and Assessment of Chemical and Other Environmental Impacts. *Journal of Industrial Ecology*, 6(3-4), pp.49-78. Disponvel em: [http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/\(ISSN\)1530-9290/issues](http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/(ISSN)1530-9290/issues).
- Bernheim, A., 1996. Indoor Air Quality. In *Sustainable Building Technical Manual: Green Building Design, Construction, and Operations*. Estados Unidos da Amrica, Public Technology, Inc., pp. 142-154.
- Bragana, L. & Mateus, R., 2006. Congresso sobre Construo Sustentvel. In *Sustentabilidade de Solues Construtivas*. Porto, Ordem dos Engenheiros, p. 18. Disponvel em: <http://hdl.handle.net/1822/6891>.
- Bragana, L. & Mateus, R., 2005. Cost C12 - Improvement of Buildings Structural Quality by New Technologies. In *Sustainability Assessement Datasheet*. Austria, A.A. Balkema Publishers, pp. 621-628.
- Bragana, L., Mateus, R. & Koukkari, H., 2007a. Portugal SB07 - Sustainable Construction: Materials and Practices. In *Perspectives of Building Sustainability Assessment*. IOS Press, pp. 356-365.
- Bragana, L., Mateus, R. & Koukkari, H., 2007b. Sustainability of Construction Integrated Approach to Life-Time Structural Engineering: Proceedings of the First Workshop. In *Assessment of building sustainability*. Lisboa, Multicomp, Lda, pp. 3-12.
- BRE, 2014. BRE - Building Research Establishment. Disponvel em: <http://www.bre.co.uk/index.jsp> [Consultado a: 31 de maro de 2014].
- Bribián, I.Z., Usón, A.A. & Scarpellini, S., 2009. Life Cycle Assessment in Buildings: State-of-the-Art and Simplified LCA Methodology as a Complement for Building Certification.

- Building and Environment*, 44(12), pp.2510-2520. Disponível em: [www.elsevier.com/locate/buildenv](http://www.elsevier.com/locate/buildenv).
- Burgan, B.A. & Sansom, M.R., 2006. Sustainable Steel Construction. *Journal of Constructional Steel Research*, 62(11), pp.1178-1183. Disponível em: <http://www.journals.elsevier.com/journal-of-constructional-steel-research>.
- Carvalho, R.C. & Pinheiro, L.M., 2009. *Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado - Volume 2* 1ª ed., São Paulo, Editora Pini Ltda., ISBN: 978-85-7266-188-1.
- Case Construction Co, 2012. Case Construction Co. Disponível em: <http://www.caseconstructionnj.com/index.html> [Consultado a: 09 de abril de 2014].
- Cassidy, R., 2005. *Life Cycle Assessment and Sustainability: A Supplement to Building Design & Construction*, Estados Unidos da América, Building Design & Construction. Disponível em: <http://www.bdcnetwork.com/whitepapers>.
- CFSEI, 2014. Cold-Formed Steel Engineers Institute. Disponível em: [www.cfsei.org/history\\_1.htm](http://www.cfsei.org/history_1.htm) [Consultado a: 09 de março de 2014].
- Coelho, M.B.O. & Brandão, M.S., 2013. 4th International Workshop - Integrating Cleaner Production Into Sustainability Strategies. In *Avaliação do Ciclo de Vida de Estruturas Metálicas*. São Paulo, Advances in Cleaner Production, p. 10.
- ConsulSteel, 2002. *Manual de Procedimiento - Construcción con Steel Framing*, Argentina, ConsulSteel. Disponível em: [www.consulsteel.com](http://www.consulsteel.com).
- Craeto, R.C.M. de, 2005. *Arquitetura e Tecnologia em Sistemas Construtivos Industrializados: Light Steel Framing*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal de Ouro Preto.
- CSSBI, 2005. *The Lightweight Steel Frame House Construction Handbook* 1ª ed., Canadá, Canadian Sheet Steel Building Institute, ISBN: 978-1-895535-61-7.
- Davies, J.M., 1998. 2nd International conference on thin-walled structures. In *Light gauge steel framing for housing construction*. Singapura, Elsevier Science, p. 841.
- Dias, A.B. & Ilomäki, A., 2011. Proceedings of the International Conference of the COST Action C25- Sustainability of Constructions: Towards a Better Built Environment. In L. Bragança et al., eds. *Standards for Sustainability Assessment of Construction Works*. Innsbruck, Department of Civil & Structural Engineering, pp. 189-196.
- Dias, L.F.S. da C., 2012. *A Sustentabilidade na Reabilitação do Património Edificado*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Nova de Lisboa - Faculdade de Ciências e Tecnologia.
- Elhajj, N., 2004. *Fastening of light frame steel housing: an international perspective*, Maryland, Association of Home Builders - NAHB.



- EMSD, 2005. *Life Cycle Assessment (LCA) and Life Cycle Costing (LCC) Tool for Commercial Building Developments in Hong Kong: User Manual* Electrical and Mechanical Services Department, ed., The Government of Hong Kong SAR.
- En 300, 1997. *Oriented Strand Boards (OSB) - Definitions, Classification and Specifications*, Bruxelas, European Committee for Standardization - CEN.
- Envest, 2012. envest 2. Disponível em: <http://envest2.bre.co.uk/account.jsp> [Consultado a: 14 de abril de 2014].
- Erlandssona, M. & Borg, M., 2003. Generic LCA-Methodology Applicable for Buildings, Constructions and Operation Services: Today Practice and Development Needs. *Building and Environment*, 38(7), pp.919-938. Disponível em: [www.elsevier.com/locate/buildenv](http://www.elsevier.com/locate/buildenv).
- Feng, M., Wang, Y. & Davies, J., 2003. Thermal performance of cold-formed thin-walled steel panel systems in fire. *Fire Safety Journal*, 38(4), pp.365-394. Disponível em: [www.journals.elsevier.com/fire-safety-journal/](http://www.journals.elsevier.com/fire-safety-journal/).
- Ferreira, J.V.R., 2004. *Análise de Ciclo de Vida dos Produtos*, Viseu, Instituto Politécnico de Viseu - Gestão Ambiental.
- Figueiredo, C.M. da S.P., 2009. *Aumentar a Sustentabilidade na Reabilitação: Caso de uma Habitação Unifamiliar de Custos Controlados*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade do Minho - Departamento de Engenharia Civil.
- Fine Homebuildins, 2005. *Framing Floors, Walls, and Ceilings*, Estados Unidos da América, Taunton Press, ISBN: 978-1561587582.
- Frankl, P. & Rubik, F., 2000. *Life Cycle Assessment in Industry and Business: Adoption Patterns, Applications and Implications* 1ª ed., Berlin, Springer, ISBN: 978-3-662-04127-7.
- Futureng, 2014. Futureng - Projectos e Construção Civil, Lda. Disponível em: [www.futureng.pt/lsf](http://www.futureng.pt/lsf) [Consultado a: 18 de março de 2014].
- Greig, A.L., 2014. *BEES Please: Questionnaire User Guide* Four Elements Consulting, ed., U.S. Department of Commerce: National Institute of Standards and Technology.
- Grubb, P.J., Gorgolewski, M.T. & Lawson, R.M., 2001. P301 - Light Steel Framing in Residential Construction. In *Building Design using Cold Formed Steel Sections*. Londres, The Steel Construction Institute, ISBN: 1-85942-121-0, p. 107.
- Guinée, J.B., 2002. *Handbook on Life Cycle Assessment: Operational Guide to the ISO Standards* 1ª ed., Berlin, Springer, ISBN: 978-1402005572.
- Homesteel, 1994. *An Introduction to Residential Steel Framing*, Canadá, Canadian Sheet Steel Building Institute, ISBN: 1-895535-20-4.
- INE, 2011a. *Censos 2011 Resultados Definitivos - Portugal*, Portugal, Instituto Nacional de Estatística, ISBN: 978-989-25-0181-9.

- INE, 2011b. *Estatísticas da Construção e Habitação 2011*, Portugal, Instituto Nacional de Estatística, ISBN: 978-989-25-0165-9.
- INE, 2011c. *Inquérito ao Consumo de Energia no Sector Doméstico 2010*, Portugal, Instituto Nacional de Estatística, ISBN: 978-989-25-0130-7.
- Infopédia, 2014. Infopédia: Enciclopédia e Dicionários Porto Editora. Disponível em: <http://www.infopedia.pt/> [Consultado a: 25 de abril de 2014].
- IPQ, 2000. *Eurocódigo 5: Projecto de estruturas de madeira*, Portugal, Instituto Português da Qualidade.
- ISO 14040, 2006. *ISO 14040 - Environmental Management - Life Cycle Assessment - Principles and Framework*, Suíça, International Organization for Standardization.
- ISO 14044, 2006. *ISO 14044 - Environmental Management - Life Cycle Assessment - Requirements and Guidelines*, Suíça, International Organization for Standardization.
- Jaques, R., 1998. 32nd Annual Conference of the Australia and New Zealand Architectural Science Association. In *47 - Cradle to the Grave - LCA Tools for Sustainable Development*. Wellington, Building Research Association of New Zealand - BRANZ, p. 7.
- Jardim, G.T. da C. & Campos, A. de S., “*Light Steel Framing*”: *Uma Aposta do Setor Siderúrgico do Desenvolvimento Tecnológico da Construção Civil*, Centro Brasileiro da Construção em Aço.
- Jular, 2010. *Jular Madeiras*. Disponível em: [www.jular.pt/conteudos.php?lang=pt&id\\_menu=20](http://www.jular.pt/conteudos.php?lang=pt&id_menu=20) [Consultado a: 16 de março de 2014].
- Júnior, R.C., 2012. *Análise do Ciclo de Vida Energético de Projecto de Habitação de Interesse Social Concebido em Light Steel Framing*. Dissertação de Mestrado em Construção Civil. Universidade Federal de São Carlos - Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia.
- Khasreen, M.M., Banfill, P.F.G. & Menzies, G.F., 2009. Life-Cycle Assessment and the Environmental Impact of Buildings: A Review. *Environmental Sustainability and the Built Environment*, 1, pp.674-701. Disponível em: [www.mdpi.com/journal/sustainability](http://www.mdpi.com/journal/sustainability).
- Knauf, 2011. Knauf. Disponível em: <http://www.knauf.com/www/de/> [Consultado a: 10 de abril de 2014].
- Kohler, N. & Lützkendorf, T., 2002. Integrated Life-cycle Analysis. *Building Research & Information*, 30(5), pp.338-348.
- Koukkari, H., Bragança, L. & Mateus, R., 2005. SB04MED International Conference Sustainable Construction: Action for Sustainability in the Mediterranean. In *Sustainable Design Principles in Construction Sector*. Grécia, SD-MED Association, p. 10.
- Lawson, R.M., 2009. *Sustainability of Steel in Housing and Residential Buildings* Steel Houmes Group - SHG, ed., The Steel Construction Institute - SCI.

- Lima, A.L. de A., 2008. *Construção de edificações em módulos pré-fabricados em LSF - Light Steel Framing: Ensaio Projetual*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal do Espírito Santo - Centro Tecnológico.
- Lima, F.L.N. de, 2006. *Proposição de Metodologia de Avaliação do Impacto Ambiental no Desenvolvimento de Projetos Arquitetônicos*. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal de Minas Gerais - Escola de Arquitetura e Urbanismo.
- LISA, 2004. LISA - LCA in Sustainable Architecture. Disponível em: <http://www.lisa.au.com/> [Consultado a: 31 de março de 2014].
- LSK, E., 2005. *European Lightweight Steel-framed Construction*, Bruxelas, Arcelor / European Light Steel Construction Association.
- Lustron Preservation, 2014. The Lustron Home. Disponível em: <http://www.lustronpreservation.org/> [Consultado a: 20 de março de 2014].
- Masanet, E. & Chang, Y., 2014. *How Green is That Product? - An Introduction to Life Cycle Environmental Assessment* Coursera Lecture Notes, ed., Evanston, Northwestern University.
- Mascarenhas, J., 2007. VIII - Estruturas de Aço Laminado e Conformado a Frio, Materiais Básicos. In *Sistemas de Construção*. Lisboa, Livros Horizonte, ISBN: 978-972-24-1481-4, p. 215.
- Mateus, R. & Bragança, L., 2004. Congresso sobre Construção Sustentável. In *Avaliação da Sustentabilidade da Construção: Desenvolvimento de uma Metodologia para a Avaliação a Sustentabilidade de Soluções Construtivas*. Leça da Palmeira, Ordem dos Engenheiros, p. 10.
- Mateus, R.F.M. da S., 2004. *Novas Tecnologias Construtivas com vista à Sustentabilidade da Construção*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade do Minho - Escola de Engenharia.
- Moreira, H.M. da C.D.M., 2012. *Utilização de Perfis Enformados a Frio em Obras de Reabilitação*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Técnica de Lisboa - Instituto Superior Técnico.
- Mourad, A.L., Garcia, E.E.C. & Vilhena, A., 2002. *Avaliação do Ciclo de Vida: Princípios e Aplicações* 1ª ed., Campinas, Compromisso Empresarial para a Reciclagem - CEMPRESA / Centro de Tecnologia de Embalagem - CETEA, ISBN: 85-7029049-7.
- NASFA, 2000. *Low-Rise Residential Construction: Details*, Estados Unidos da América, North American Steel Framing Alliance.
- NIST, 2014. NIST - National Institute of Standards and Technology. Disponível em: <http://www.nist.gov/> [Consultado a: 31 de março de 2014].
- Perfisa, 2011. *Catálogo Perfis Metálicos*, Perfisa, S.A. Disponível em: [www.perfisa.net](http://www.perfisa.net).
- Petersen, E.H., 2000. Sustainable Building. In Novem International, ed. *Building Environmental Assessment Tool - BEAT 2000*. Holanda, AENEAS, pp. 709-711.

- Pinto, T.M.C.G., 2008. *Estudo de Tintas Intumescentes na Protecção de Elementos Estruturais em Condições de Incêndio*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Industrial. Instituto Politécnico de Bragança - Escola Superior de Tecnologia e Gestão.
- Pladur Uralita, 2010. *Sistema Pladur - Gama de Produtos* 1ª ed., Madrid, Yesos Ibéricos, S.A. Grupo Uralita. Disponível em: [www.pladur.com/es-es/Paginas/default.aspx](http://www.pladur.com/es-es/Paginas/default.aspx).
- Popo-ola, S.O., Biddle, A.R. & Lawson, R.M., 2000. P262 - Durability of Light Steel Framing in Residential Building. In *Building Design using Cold Formed Steel Sections*. Londres, The Steel Construction Institute, ISBN: 1-85942-111-3, p. 62.
- Porto Editora, 2005. *Dicionário de Inglês - Português* 4ª ed., Porto, Porto Editora, ISBN: 972-0-01225-0.
- Real, S.A. de C.F., 2010. *Contributo da Análise de Custos do Ciclo de Vida para Projectar a Sustentabilidade na Construção*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Técnica de Lisboa - Instituto Superior Técnico.
- Rego, D.J.M., 2012. *Estruturas de Edifícios em Light Steel Framing*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Técnica de Lisboa - Instituto Superior Técnico.
- RGEU, 1951. *Regulamento Geral das Edificações Urbanas*, Portugal.
- Rhodes, J. & Shanmugan, N.E., 1995. Cap. 47 - Cold-Formed Steel Structures. In W. F. Chen, ed. *The Civil Engineering Handbook*. Lafayette, Indiana, CRC Press, ISBN: 0-8493-8953-4, pp. 1663-1708.
- Ribeiro, J.F.A., 2012. *Sustentabilidade dos Produtos de Construção: Aplicação da Análise de Ciclo de Vida a um Perfil de Alumínio*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Nova de Lisboa - Faculdade de Ciências e Tecnologia.
- Roaf, S., Fuentes, M. & Thomas, S., 2001. *EcoHouse: A Design Guide* 1ª ed. E. Limited, ed., Londres, Architectural Press, ISBN: 0-7506-4904-6.
- Rodrigues, F.C., 2006. *Steel Framing: Engenharia* 1ª ed. Instituto Brasileiro de Siderurgia / Centro Brasileiro da Construção em Aço, ed., Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro de Siderurgia / Centro Brasileiro da Construção em Aço, ISBN: 85-89819-11-6.
- Santiago, A.K., Freitas, A.M.S. & Crasto, R.C.M. de, 2012. *Steel Framing: Arquitectura* 2ª ed. Instituto Aço Brasil / Centro Brasileiro da Construção em Aço, ed., Rio de Janeiro, Instituto Aço Brasil / Centro Brasileiro da Construção em Aço, ISBN: 978-85-89819-32-9.
- Santos, M.F.N. dos et al., 2011. Importância da Avaliação do Ciclo de Vida na Análise de Produtos: Possíveis Aplicações na Construção Civil. *GEPROS - Gestão da Produção, Operações e Sistemas*, 2(6), pp.57-73. Disponível em: <http://revista.feb.unesp.br/index.php/gepros/article/view/882>.
- SBI, 2012. Danish Building Research Institute. Disponível em: <http://sbi.dk/> [Consultado a: 31 de março de 2014].
- Schartt, R., 1996. *Residential Steel Framing Handbook* 1ª ed., Nova Iorque, McGraw-Hill Professional, ISBN: 978-0070572317.

- Schepelmann, P., 2009. *Life Cycle Assessment (LCA)* E. and E. Wuppertal Institute for Climate, ed., Coordination Action for innovation in Life Cycle Analysis for Sustainability - CALCAS.
- Senft, J.F., 1995. Cap. 42 - Wood as a Construction Material. In W. F. Chen, ed. *The Civil Engineering Handbook*. Lafayette, Indiana, CRC Press, ISBN: 0-8493-8953-4, pp. 1301-1328.
- SETAC, 2003. *Life-Cycle Assessment in Building and Construction: A State-of-the-Art Report* S. Kotaji, A. Schuurmans, & S. Edwards, eds., Estados Unidos da América, Society of Environmental Toxicology and Chemistry - SETAC, ISBN: 1-880611-59-7.
- Silva, A.C.F.C. da, 2008. *Aplicação de Ferramentas de Análise do Ciclo de Vida na Sustentabilidade da Construção - Estudo de Caso*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade de Aveiro - Departamento de Engenharia Civil.
- Silva, V.G. da, 2003. *Avaliação da Sustentabilidade de Edifícios de Escritórios Brasileiros: Diretrizes e Base Metodológica*. Tese de Doutorado em Engenharia Civil. Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia de Construção Civil.
- Silva, V.G. da, Silva, M.G. da & Agopyan, V., 2003. Avaliação de Edifícios no Brasil: da Avaliação Ambiental para Avaliação de Sustentabilidade. In *Ambiente Construído*. Porto Alegre, Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, pp. 7-18.
- Simões, R.A.D., 2007. *Manual de Dimensionamento de Estruturas Metálicas* 2ª ed. R. A. D. Simões, ed., Coimbra, CMM - Associação Portuguesa de Construção Metálica e Mista, ISBN: 978-972-98376-9-2.
- Subramanian, N., 2012. The Principles of Sustainable Building Design. In Gajanan M. Sabnis, ed. *Green Building with Concrete: Sustainable Design and Construction*. Londres, CRC Press, ISBN: 978-1-4398-1297-6, pp. 37-89.
- Terni, A.W., Santiago, A.K. & Pianheri, J., 2008. *Como Construir: Steel Frame - Fundações*, São Paulo, Editora Pini Lda.
- Torgal, F.P. & Jalali, S., 2007. Congresso Construção 2007: 3º Congresso Nacional. In *Construção Sustentável: O Caso dos Materiais de Construção*. Coimbra, Universidade de Coimbra, p. 10.
- US EPA, 1995. *Guidelines for Assessing the Quality of Life-Cycle Inventory Analysis Research* Triangle Institute: Center for Economics Research - Environmental Economics and Management, ed., Estados Unidos da América, United States Environmental Protection Agency - US EPA. Disponível em: <http://www.epa.gov/>.
- US EPA, 2001. *LCA 101 - Introduction to LCA*, Estados Unidos da América, United States Environmental Protection Agency - US EPA. Disponível em: <http://www.epa.gov/>.
- US EPA, 1993. *Life Cycle Assessment: Inventory Guidelines and Principles* Center for Environmental Research Information, ed., Estados Unidos da América, United States Environmental Protection Agency - US EPA. Disponível em: <http://www.epa.gov/>.

- Vivan, A.L., 2011. *Projetos para Produção de Residências Unifamiliares em Light Steel Framing*. Dissertação de Mestrado em Construção Civil. Universidade Federal de São Carlos - Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia.
- Weber, 2012. *Sistema weber.therm extra*, Portugal, Saint-Gobain Weber. Disponível em: <http://www.weber.com.pt/isolamento-termico-pelo-exterior.html>.
- Wenzel, H., Hauschild, M. & Alting, L., 2001. *Environmental Assessment of Products - Volume 1: Methodology, Tools and Case Studies in Product Development* 3ª ed., Holanda, Kluwer Academic Publishers, ISBN: 0-7923-7859-8.
- Yu, W., 2000. *Cold-formed Steel Design* 3ª ed. Wiley-Interscience, ed., John Wiley & Sons, Inc., ISBN: 0-471-34809-0.
- Zhang, Z. et al., 2006. BEPAS: A Life Cycle Building Environmental Performance Assessment Model. *Building and Environment*, 41(5), pp.669-675. Disponível em: [www.elsevier.com/locate/buildenv](http://www.elsevier.com/locate/buildenv).

# Anexos

## Índice de Anexos

Anexo A - Perfis Disponíveis em Portugal e Dimensões.....	107
Anexo B - Pormenores para Projeto .....	108
Anexo C - Projeto de Habitação .....	115
Anexo D - Análise do Inventário do Ciclo de Vida (“Life Cycle Inventory Analysis” - LCI): Emissões .....	147
Anexo E - Análise do Inventário do Ciclo de Vida (“Life Cycle Inventory Analysis” - LCI): Recursos .....	169

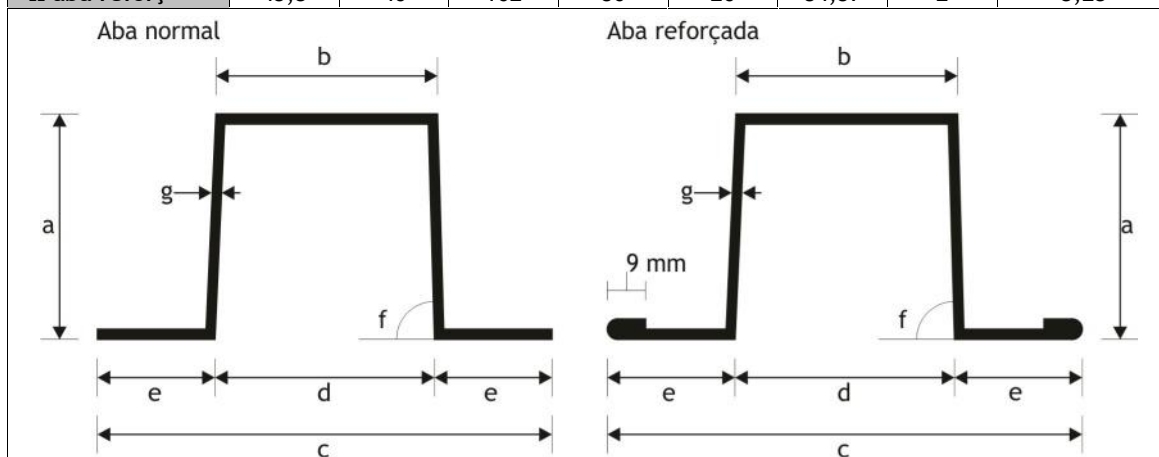




## Anexo A - Perfis Disponíveis em Portugal e Dimensões

### I. Perfis Omega ( $\Omega$ )

Perfis	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	e (mm)	f (°)	g (mm)	Peso (Kg/ml)
$\Omega$ aba normal	44,5	44,44	102	51,56	26	83,53°	1,2	1,80
$\Omega$ aba normal	45,3	46	102	50	26	84,57°	2	2,96
$\Omega$ aba reforçada	44,5	44,44	102	51,56	26	83,53	1,2	1,96
$\Omega$ aba reforçada	45,3	46	102	50	26	84,57	2	3,23



Adaptado de: Perfisa, 2011.

### II. Perfis C

	Perfis	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	Peso (Kg/ml)
	C 90	90	43	15	1,5	2,43
	C 150	150	43	15	1,5	3,13
	C 200	200	43	15	2	4,96
	C 250	250	43	15	2,5	7,18

Adaptado de: Perfisa, 2011.

### III. Perfis U

	Perfis	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	Peso (Kg/ml)
	U 93	93	43	-	1,5	2,11
	U 153	153	43	-	1,5	2,81
	U 204	204	43	-	2	4,53
	U 255	255	43	-	2,5	6,69

Adaptado de: Perfisa, 2011.

## Anexo B - Pormenores para Projeto

### I. Ancoragem

a) **Ancoragem com varão roscado tipo “J”:** de características idênticas à ancoragem com varão roscado, esta consiste num varão roscado de ponta curvada aplicado em simultâneo com a betonagem da fundação (CSSBI, 2005; ConsulSteel, 2002);

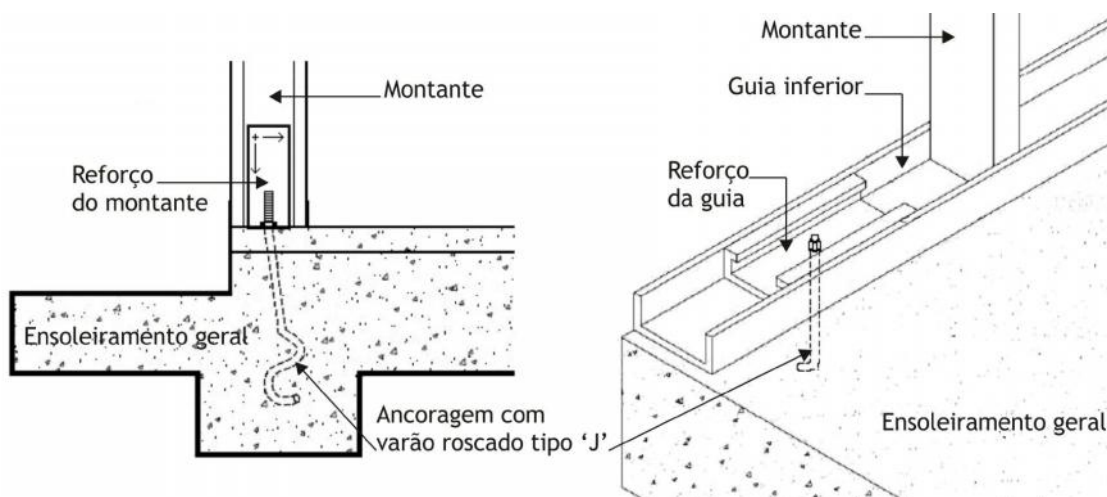


Figura A.1: Ancoragem com varão roscado tipo "J". Adaptado de: Crasto, 2005.

b) **Ancoragem com cinta metálica:** consiste em conectar a face exterior dos montantes das paredes estruturais à fundação através de cintas metálicas, aplicadas em simultâneo com a betonagem da fundação (Crasto, 2005; CSSBI, 2005; ConsulSteel, 2002).

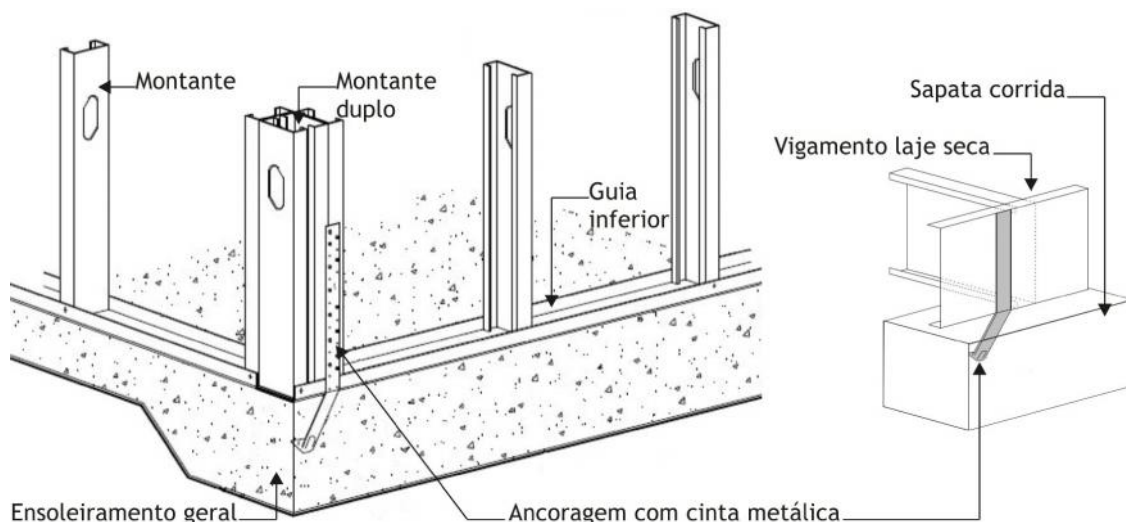


Figura A.2: Ancoragem com cinta metálica. Adaptado de: ConsulSteel, 2002; CSSBI, 2005

## II. Encontro de paredes

Dependendo do número de paredes que se encontram e o ângulo que estas formam entre si opta-se pelo perfil complexo a utilizar (Crasto, 2005; Rego, 2012).

a) **Encontro de duas paredes em canto “L”**: consiste na ligação das extremidades de duas paredes, formando entre si um ângulo de 90°, através de um perfil duplo (Crasto, 2005; ConsulSteel, 2002);

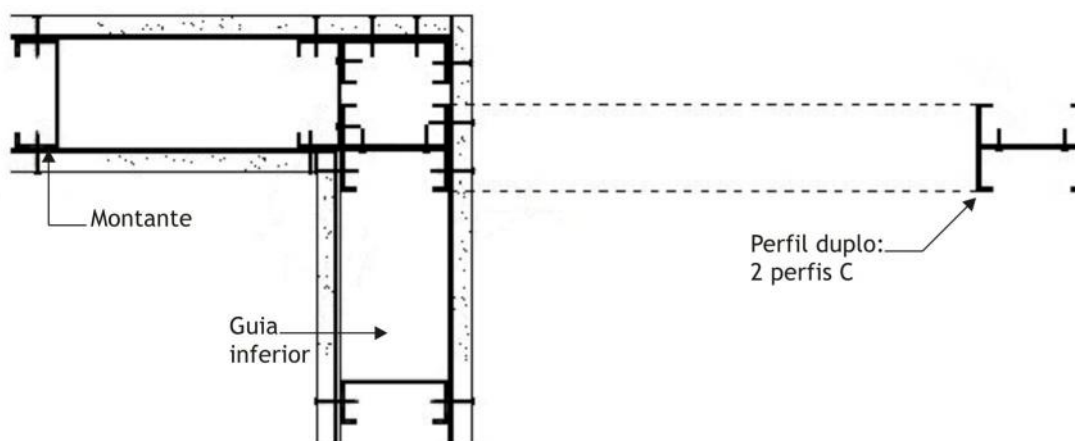


Figura A.3: Encontro de duas paredes em canto “L”. Adaptado de: ConsulSteel, 2002.

b) **Encontro de duas paredes em “T”**: consiste na ligação perpendicular da extremidade de uma parede noutra parede através de um perfil triplo (Crasto, 2005; ConsulSteel, 2002);

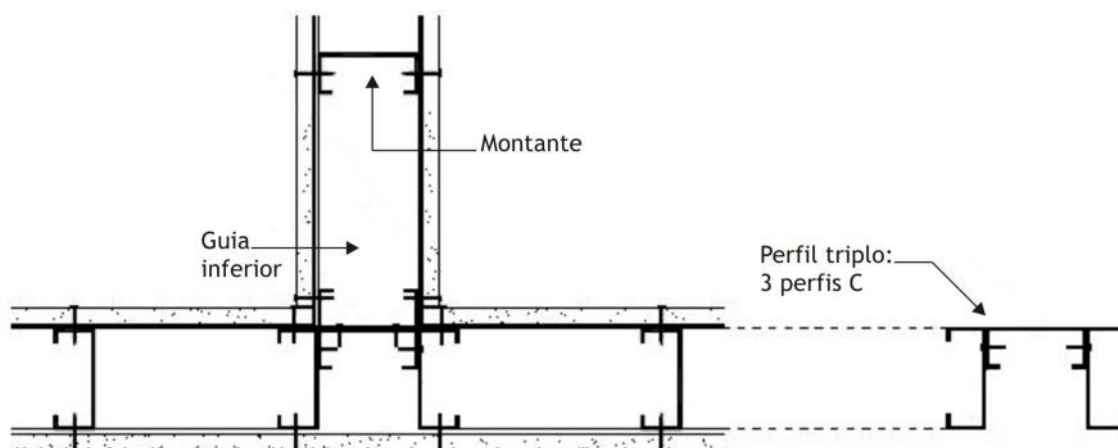
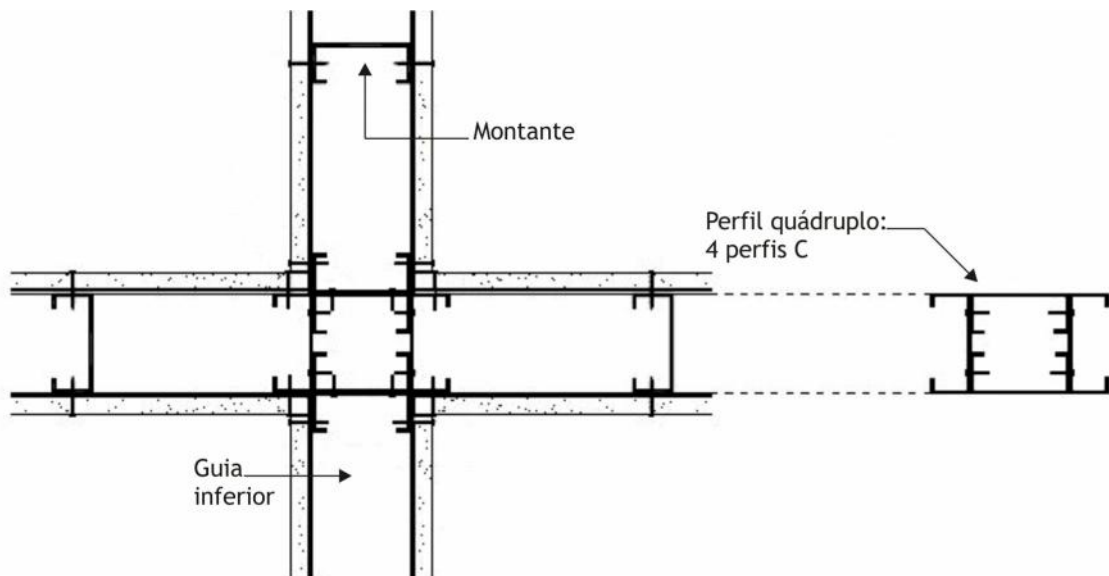


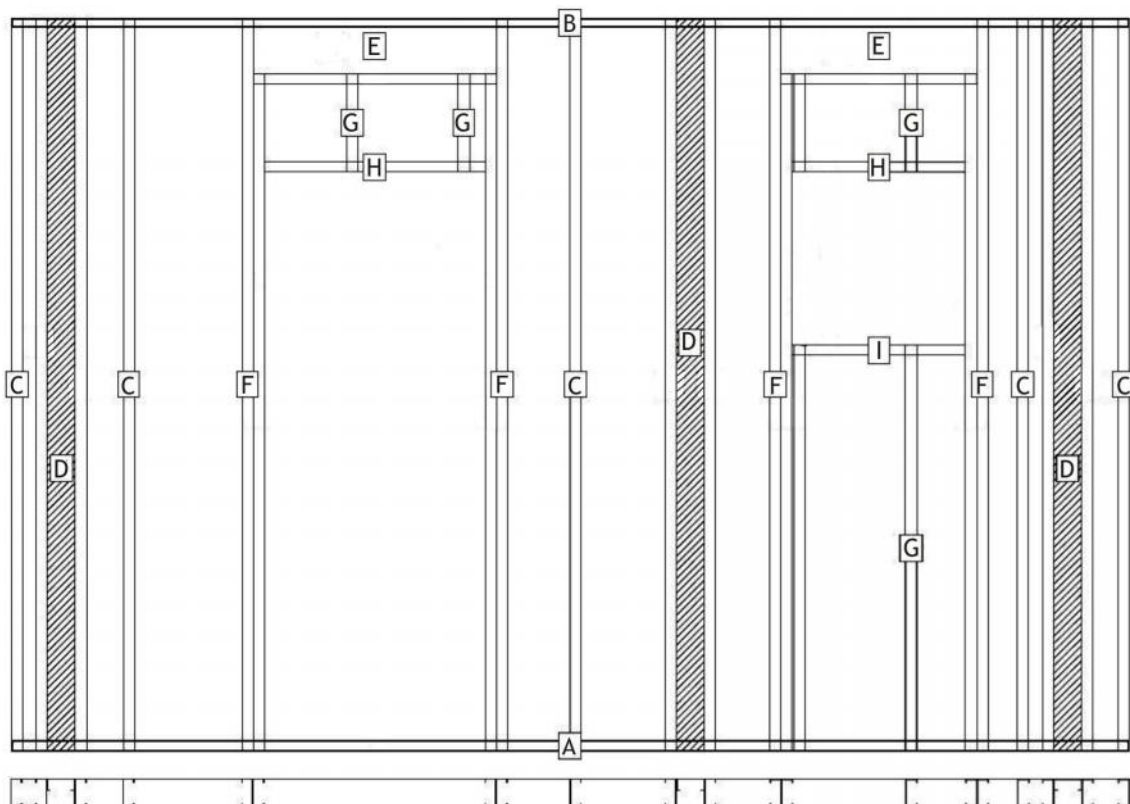
Figura A.4: Encontro de duas paredes em “T”. Adaptado de: ConsulSteel, 2002.

c) **Encontro de três paredes em “X”**: consiste na ligação perpendicular das extremidades de duas paredes com uma parede contínua, formando um encontro em cruz, através de um perfil quádruplo (Crasto, 2005; ConsulSteel, 2002).



**Figura A.5:** Encontro de três paredes em "X", perfil quádruplo. Adaptado de: ConsulSteel, 2002.

### III. Abertura de vãos em paredes estruturais



**Figura A.6:** Configuração geral de uma parede estrutural com abertura de vão (vista e planta): A - guia inferior; B - guia superior; C - montante; D - perfil triplo; E - lintel; F - ombreira; G - montante interrompido; H - verga; I - peitoril. Adaptado de: ConsulSteel, 2002.

## Lintéis

Fazem a distribuição horizontal das cargas até às ombreiras. Apresentam configurações diversas e são constituídos por dois perfis C ligados através de duas guias, inferior e superior (Santiago et al., 2012; CSSBI, 2005).

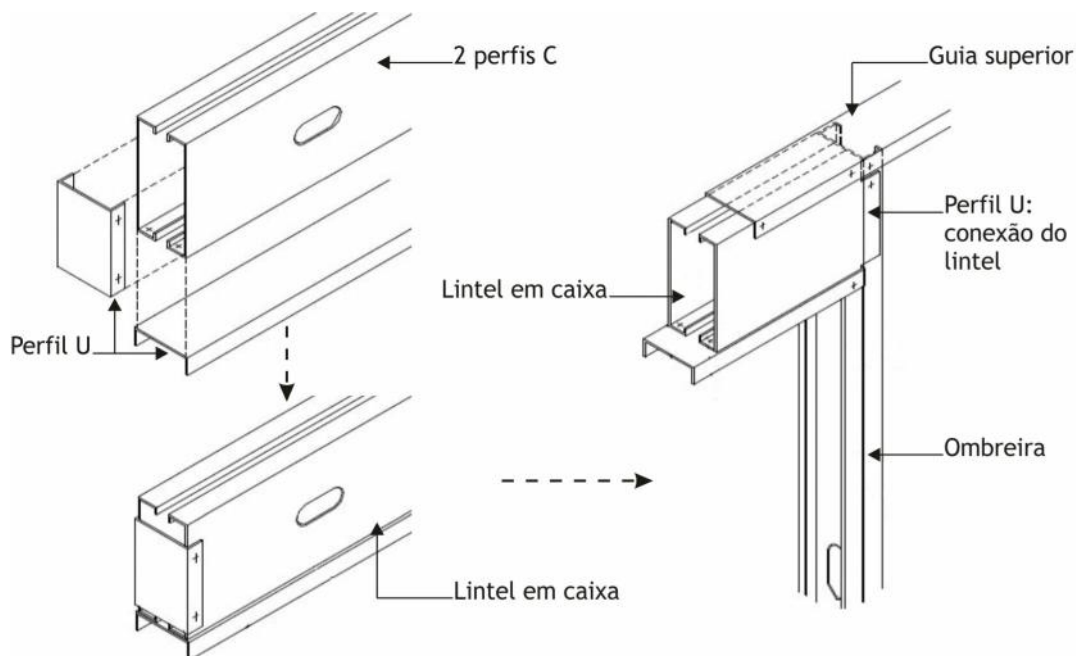


Figura A.7: Montagem de um lintel em caixa. Adaptado de: ConsulSteel, 2002.

## Ombreiras

Responsáveis por encaminhar as cargas provenientes dos lintéis até às fundações, são compostas por dois ou mais perfis C. A quantidade de perfis C a utilizar na composição da ombreira deve ser determinada por cálculo estrutural. No entanto, é possível estabelecer uma aproximação com base no número de montantes interrompidos pela abertura e dividindo-o por dois, resultando no número de perfis C a somar ao perfil C base da ombreira. Quando o número de montantes interrompidos for ímpar, soma-se um e faz-se a mesma divisão (ConsulSteel, 2002).

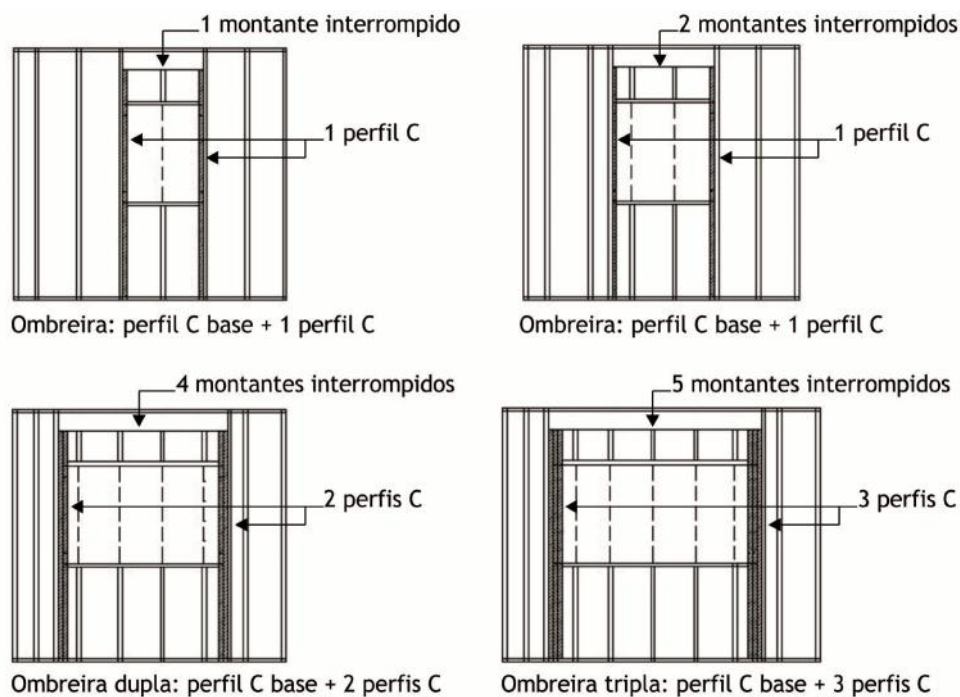


Figura A.8: Esquema de cálculo das ombreiras. Adaptado de: ConsulSteel, 2002.

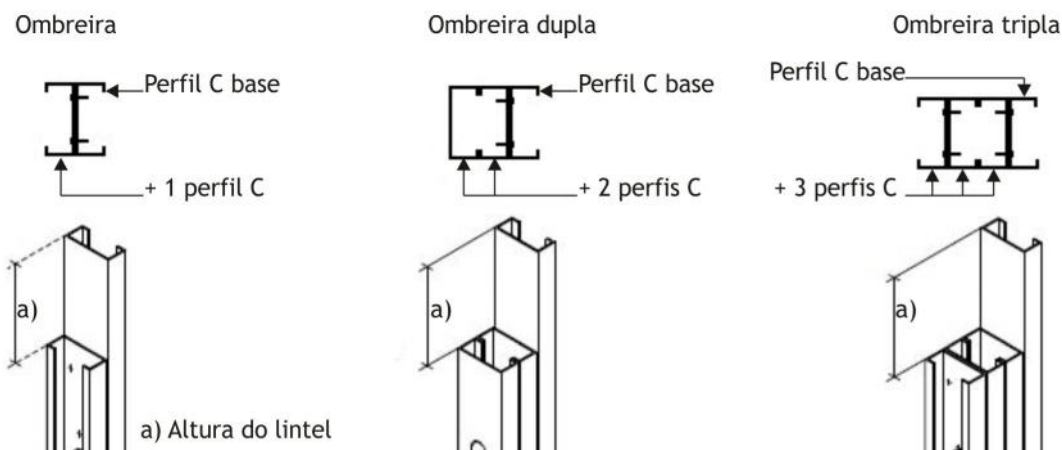


Figura A.9: Tipos de ombreiras. Adaptado de: ConsulSteel, 2002.

## Peitoril e Verga

O peitoril e verga são os elementos delimitadores da abertura do vão e ambos são feitos a partir de um perfil U. O peitoril é o elemento delimitador inferior da abertura, nomeadamente das janelas. O peitoril deve ter resistência suficiente para suportar a caixilharia que posteriormente será aplicada. A verga é o elemento delimitador superior da abertura e é utilizada quando o lintel é colocado no extremo superior da parede, junto à laje de piso ou cobertura (Crasto, 2005; ConsulSteel, 2002).

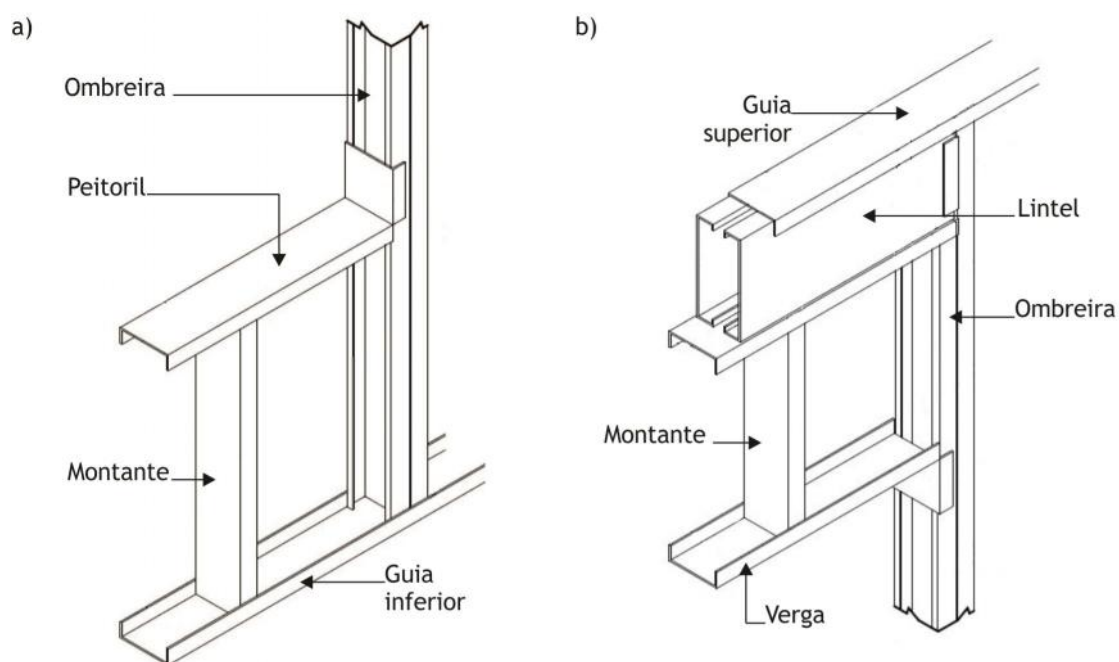


Figura A.10: a) peitoril; b) verga. Adaptado de: ConsulSteel, 2002.

#### IV. Abertura de vãos em paredes não estruturais

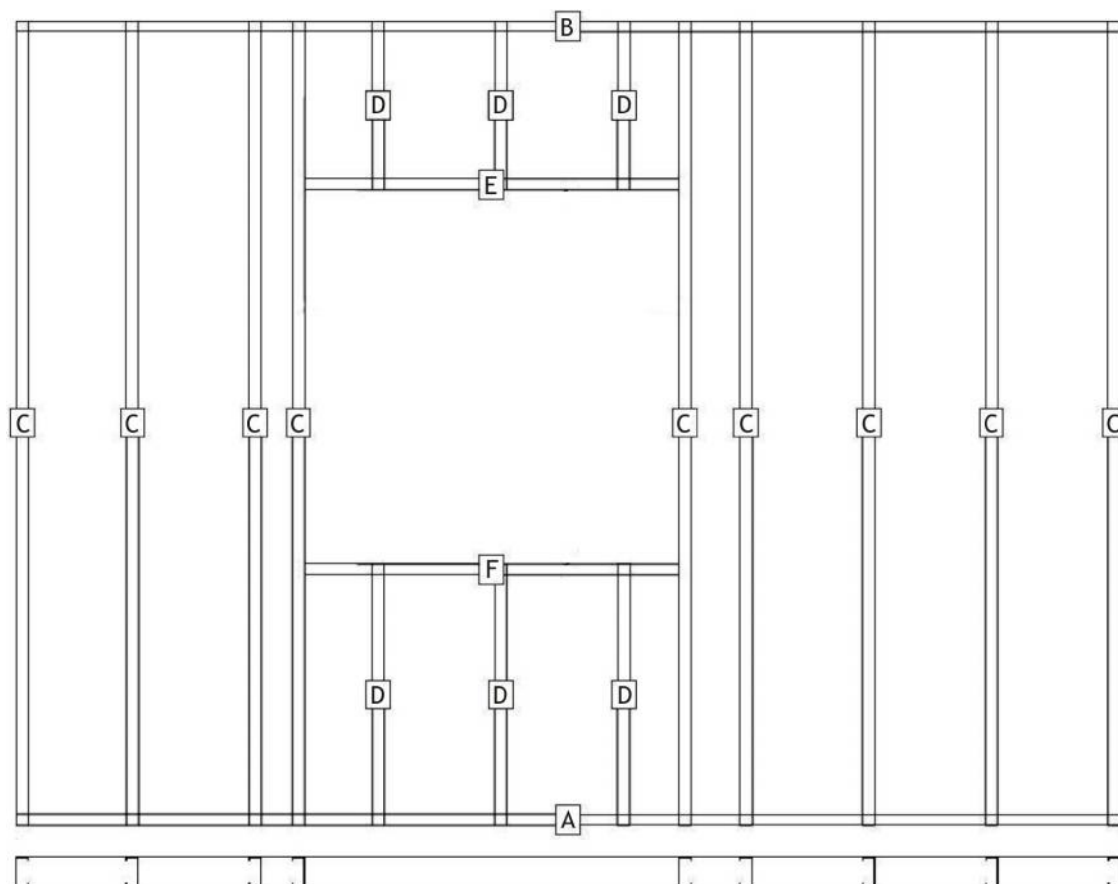


Figura A.11: Configuração geral de uma parede não estrutural com abertura de vão (vista e planta): A - guia inferior; B - guia superior; C - montante; D - montante interrompido; E - verga; F - peitoril. Adaptado de: ConsulSteel, 2002.

## V. Apoios e ancoragem da laje seca

Nas construções que apresentam fundações tipo sapata corrida, existem três soluções construtivas para apoiar a laje do piso térreo, que também podem ser aplicadas quando a estrutura é apoiada sobre algum tipo de alvenaria existente (Crasto, 2005; ConsulSteel, 2002).

a) **Apoio direto:** a estrutura da laje apoia diretamente sobre o muro da fundação ou parede existente (Crasto, 2005);

b) **Apoio interior:** a estrutura da laje é ancorada na face interior do muro da fundação ou parede existente (ConsulSteel, 2002; Crasto, 2005);

c) **Apoio encastrado:** é aberto um rasgo na face interior do muro de fundação ou parede existente que servirá de apoio à estrutura da laje (ConsulSteel, 2002).

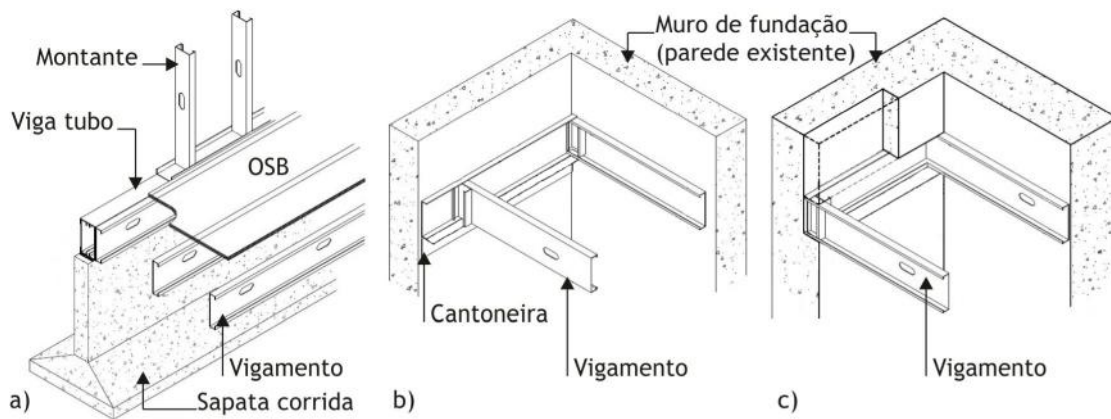


Figura A.12: a) apoio direto; b) apoio interior; c) apoio encastrado. Adaptado de: ConsulSteel, 2002.

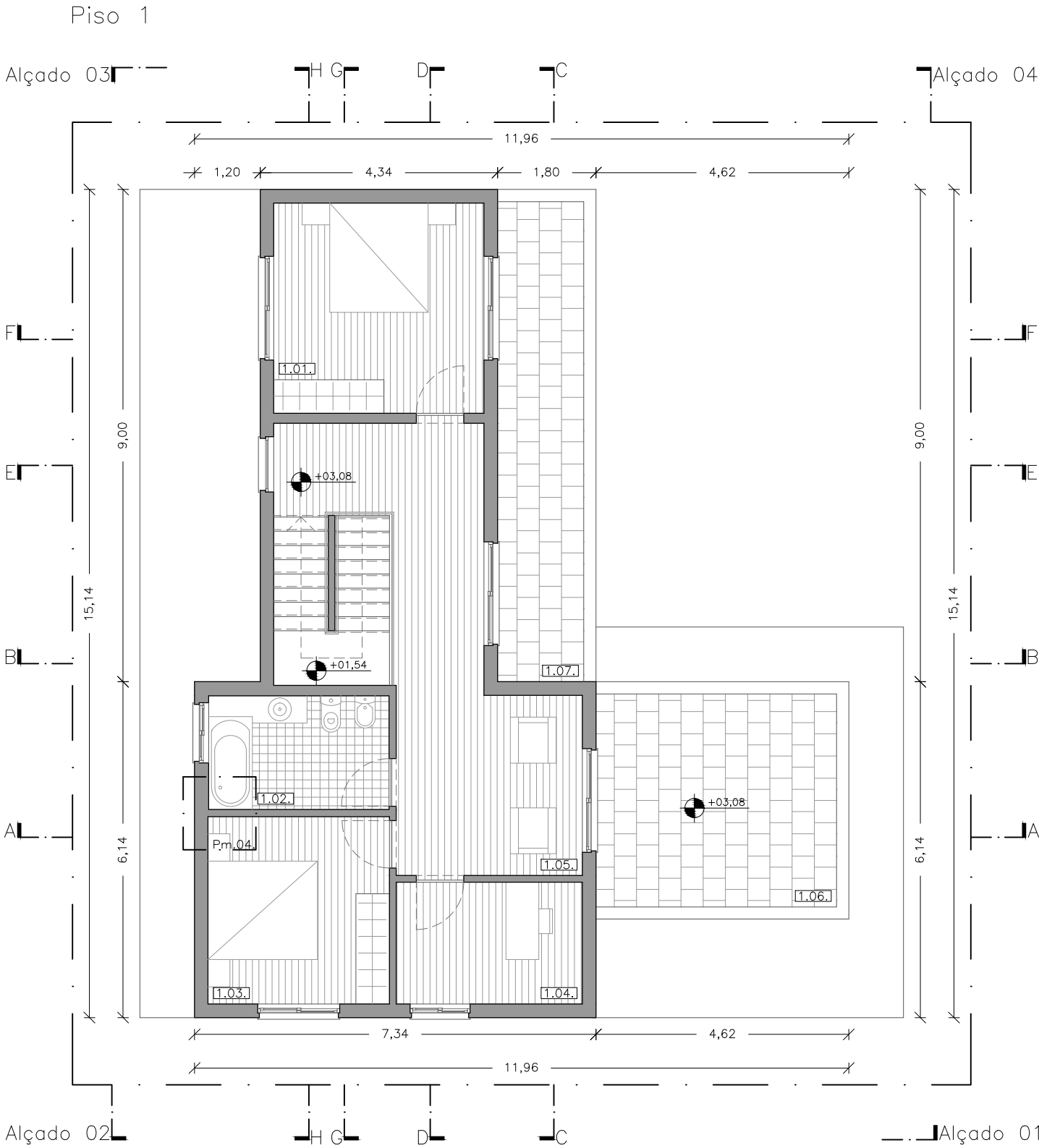
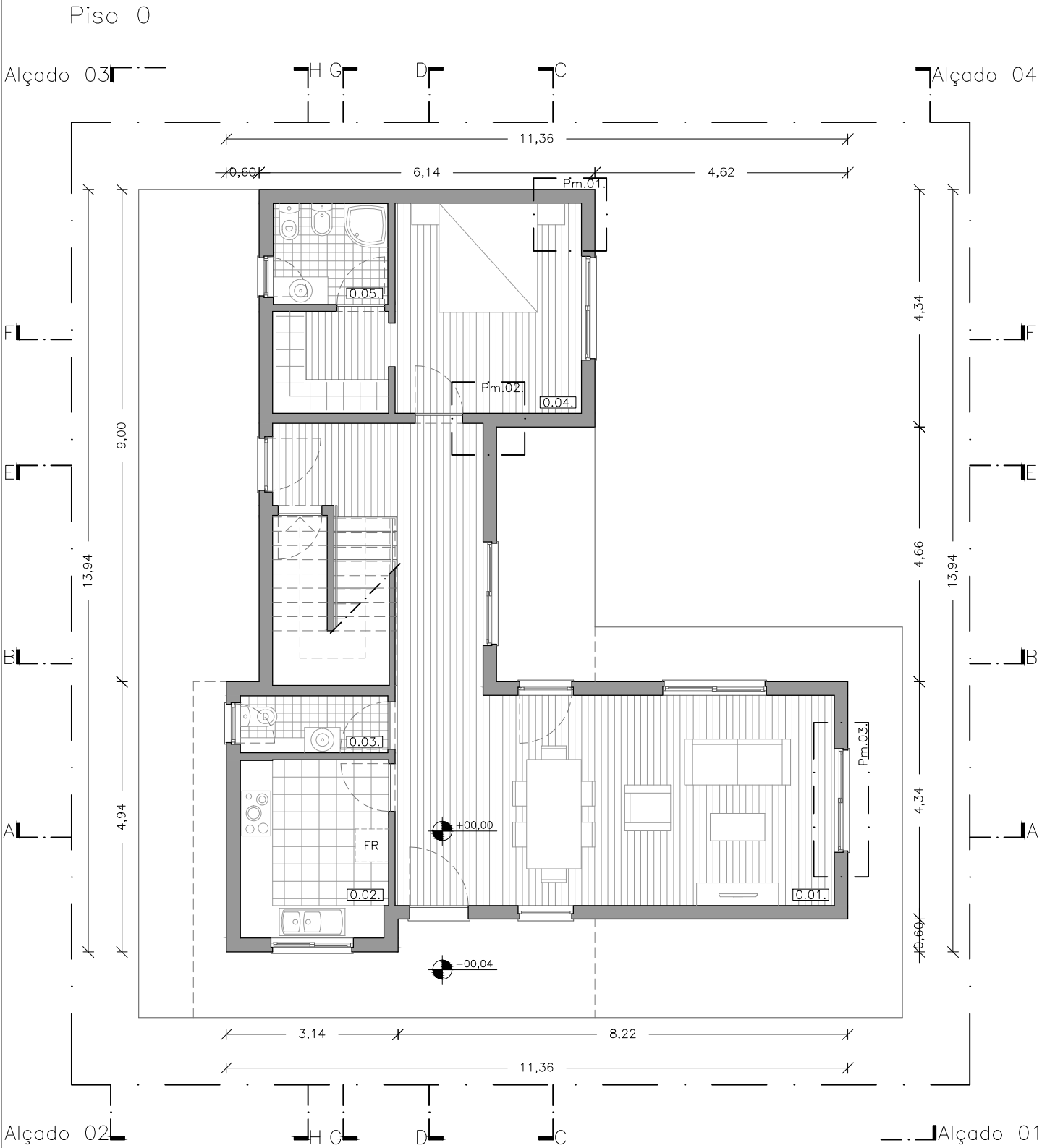


## Anexo C - Projeto de Habitação

### Índice

Desenho N°.	Designação	Página
01	Plantas - Piso 0 e Piso 1	117
02	Planta de Cobertura	119
03	Alçados	121
04	Cortes	123
05	Cortes	125
06	Pormenor - Pm. 01.	127
07	Pormenor - Pm. 02.	129
08	Pormenor - Pm. 03.	131
09	Pormenor - Pm. 04.	133
10	Pormenor - Pm. 05.	135
11	Pormenor - Pm. 06.	137
12	Pormenor - Pm. 07.	139
13	Pormenor - Pm. 08.	141
14	Pormenor - Pm. 09.	143
15	Pormenor - Pm. 10.	145





Legenda

Código	Designação	Área (m²)
0.01.	Sala de Estar/Jantar	30,89
0.02.	Cozinha	08,77
0.03.	Instalação Sanitária	02,81
0.04.	Quarto	17,15
0.05.	Instalação Sanitária	03,87
1.01.	Quarto	14,79

Código	Designação	Área (m²)
1.02.	Instalação Sanitária	06,86
1.03.	Quarto	11,36
1.04.	Escritório	07,60
1.05.	Sala de Estar	11,24
1.06.	Varanda	17,15
1.07.	Varanda	13,85

Aplicação de ferramenta de avaliação do ciclo de vida (LCA) em habitação em aço leve (LSF)

Anexo C - Projeto de Habitação

Plantas - Piso 0 e Piso 1

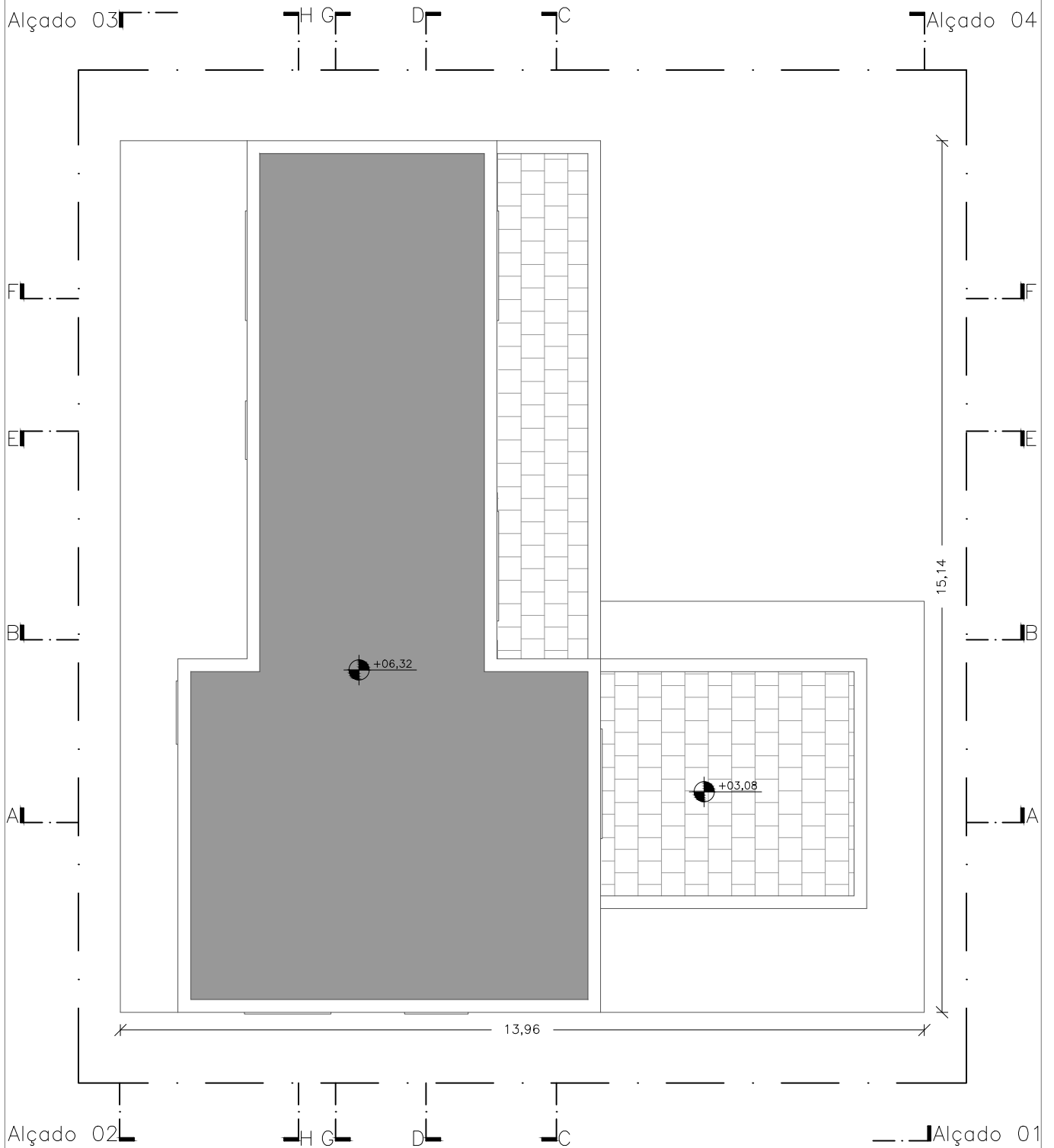
Tiago Joaquim de Sá Laranjeira



esc: 1/100

Des. nº: 01 | 117

# Cobertura



Aplicação de ferramenta de avaliação do ciclo de vida (LCA) em habitação em aço leve (LSF)

Anexo C - Projeto de Habitação

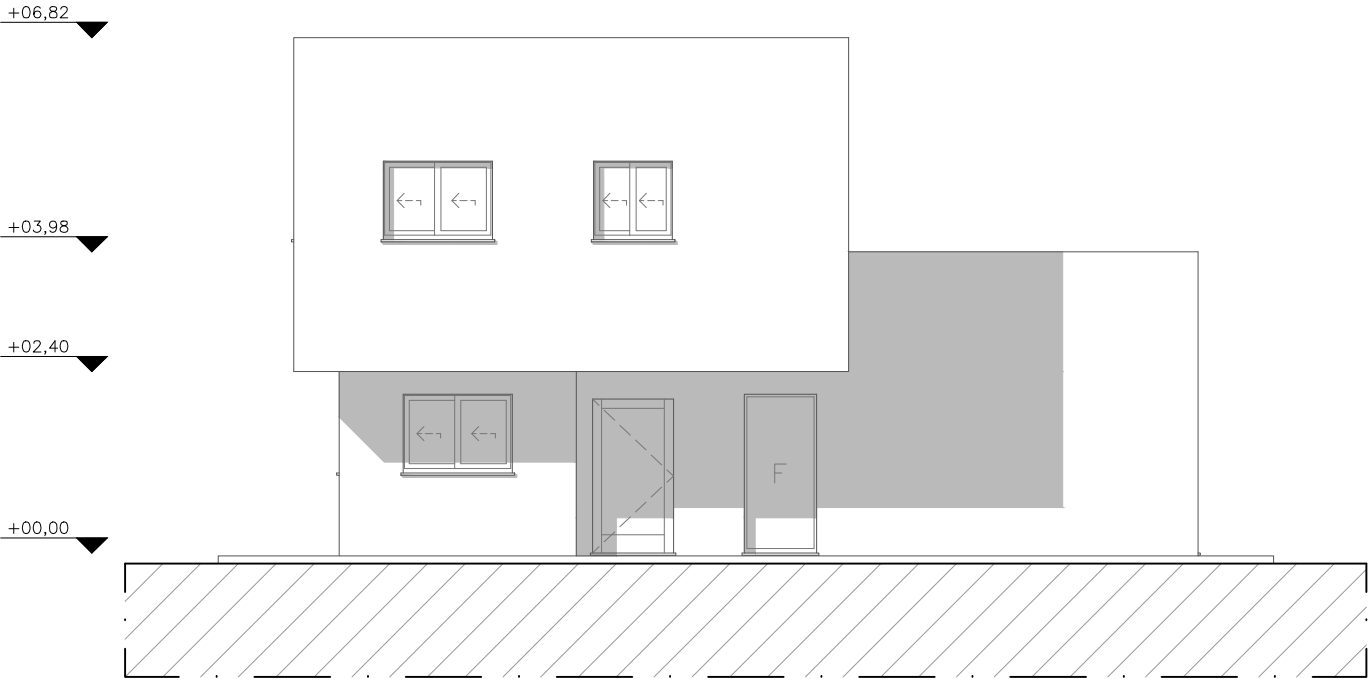
Planta de Cobertura

Tiago Joaquim de Sá Laranjeira

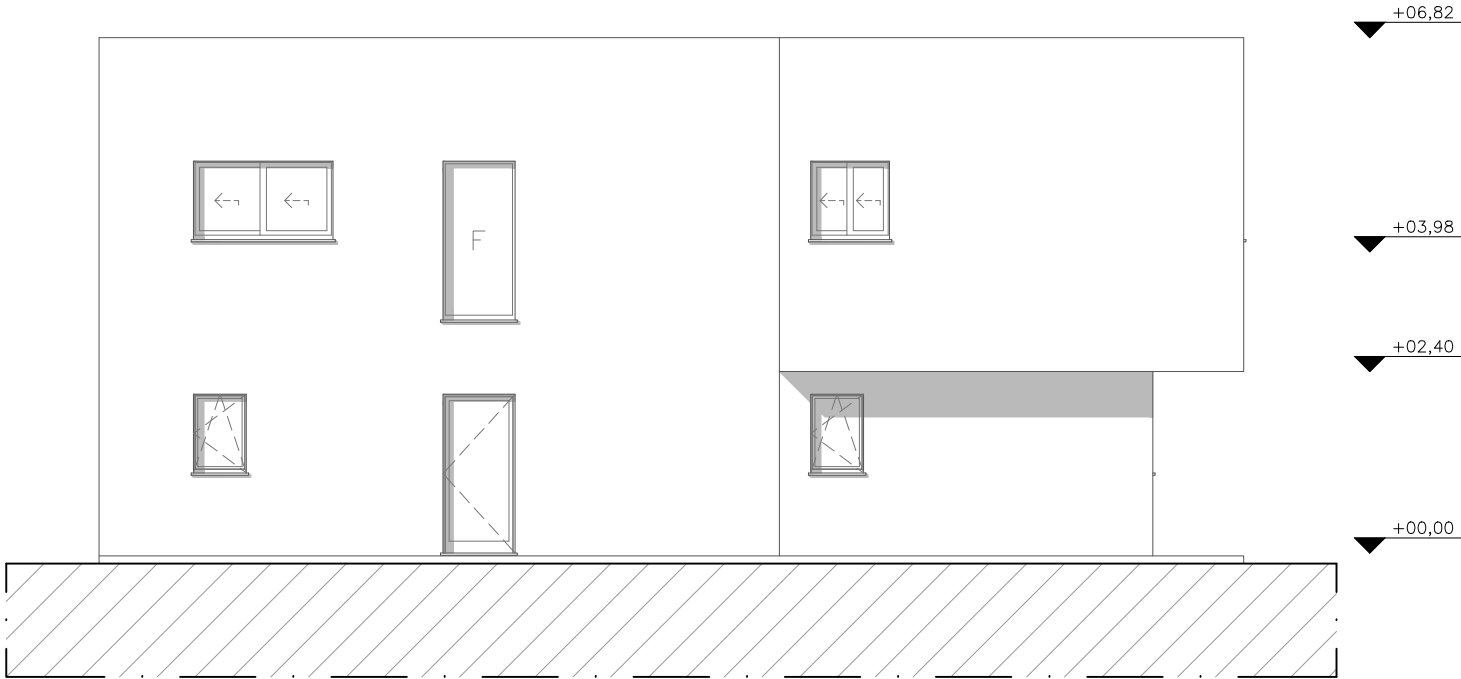


esc: 1/100

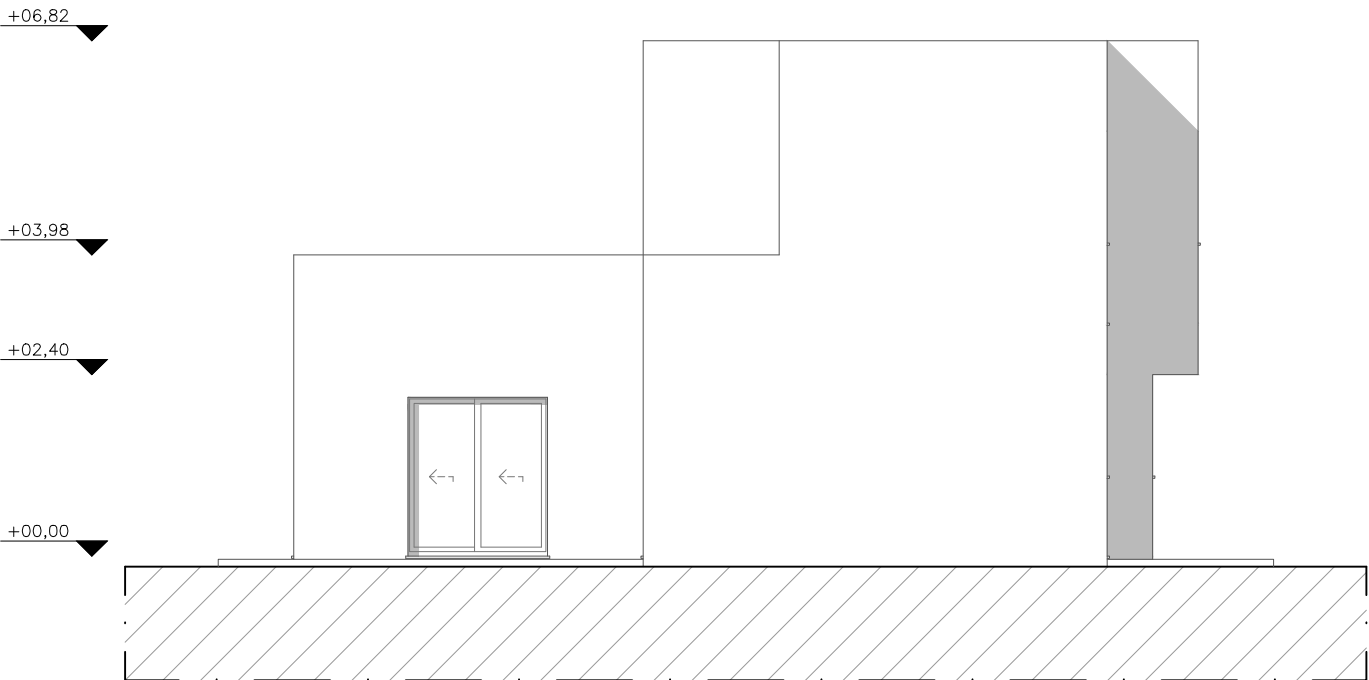
Des. nº: 02 | 119



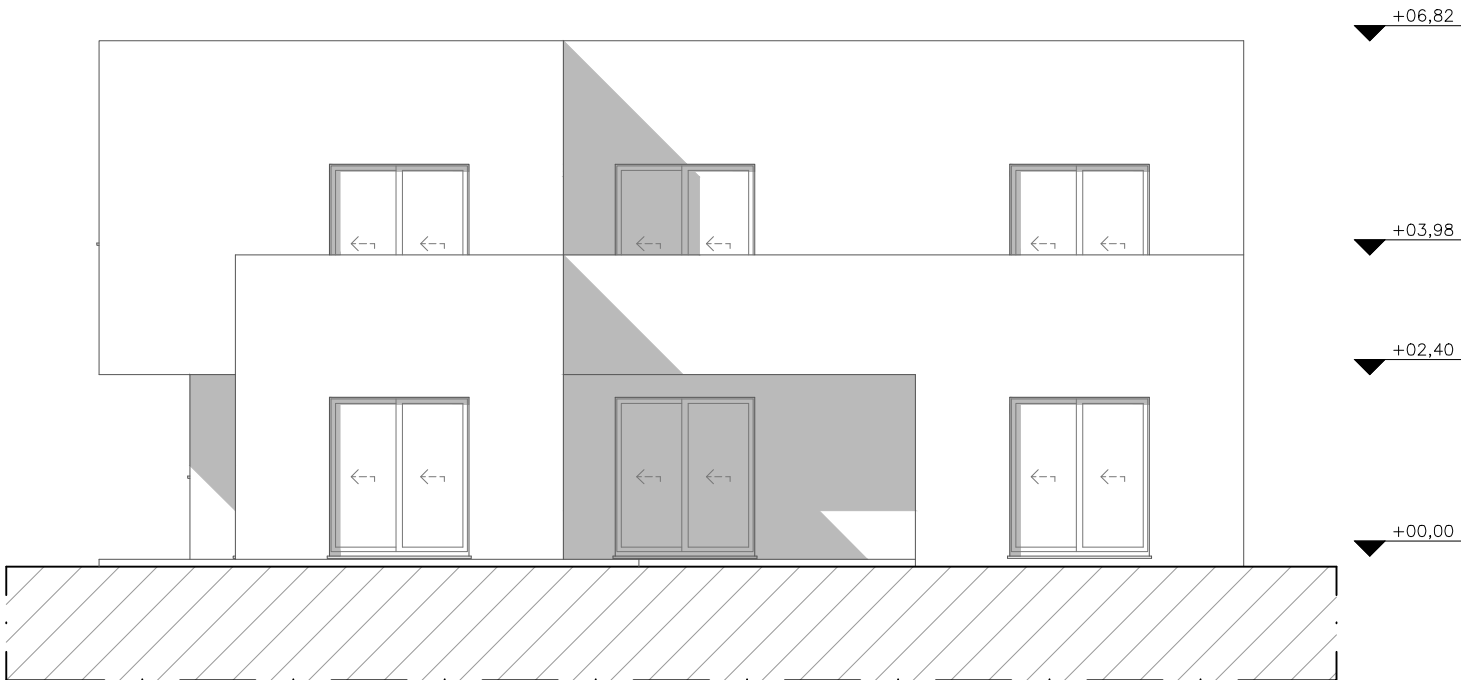
Alçado 01



Alçado 02

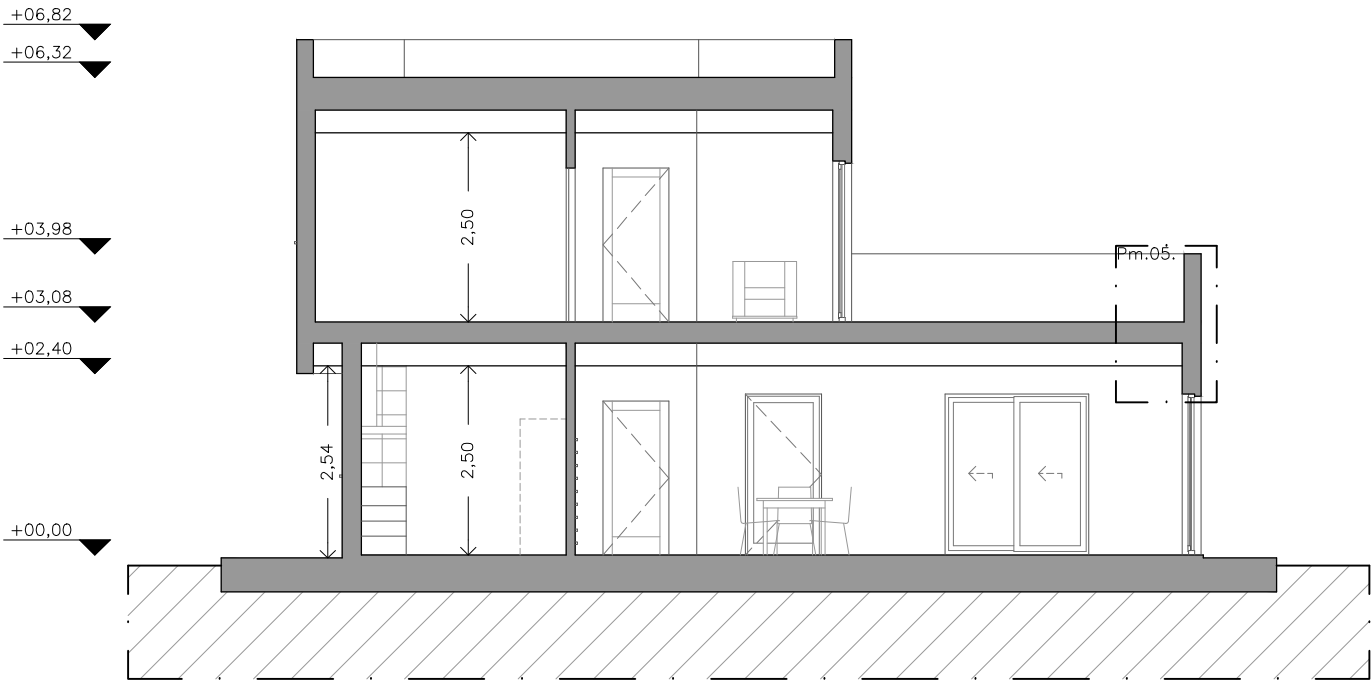


Alçado 03



Alçado 04

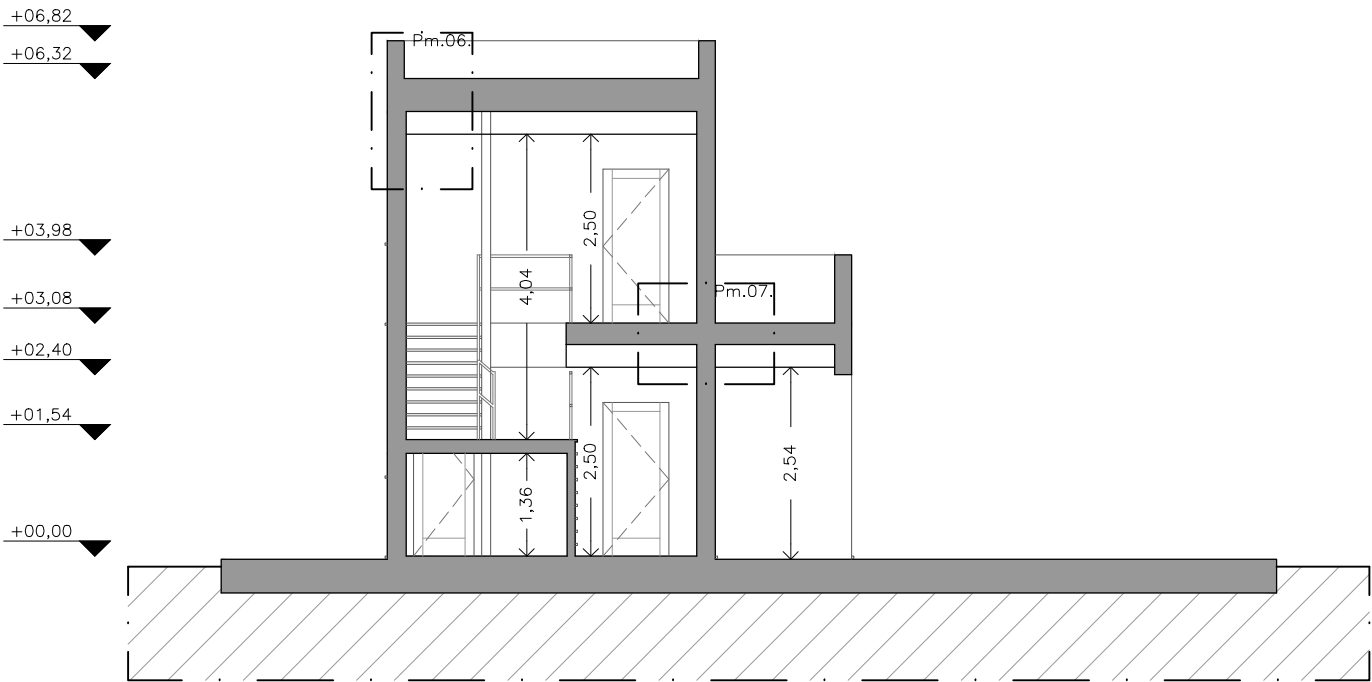
Aplicação de ferramenta de avaliação do ciclo de vida (LCA) em habitação em aço leve (LSF)	
Anexo C - Projeto de Habitação	
Alçados	
Tiago Joaquim de Sá Laranjeira	
esc: 1/100	
Des. nº:	03   121



Corte AA



Corte CC

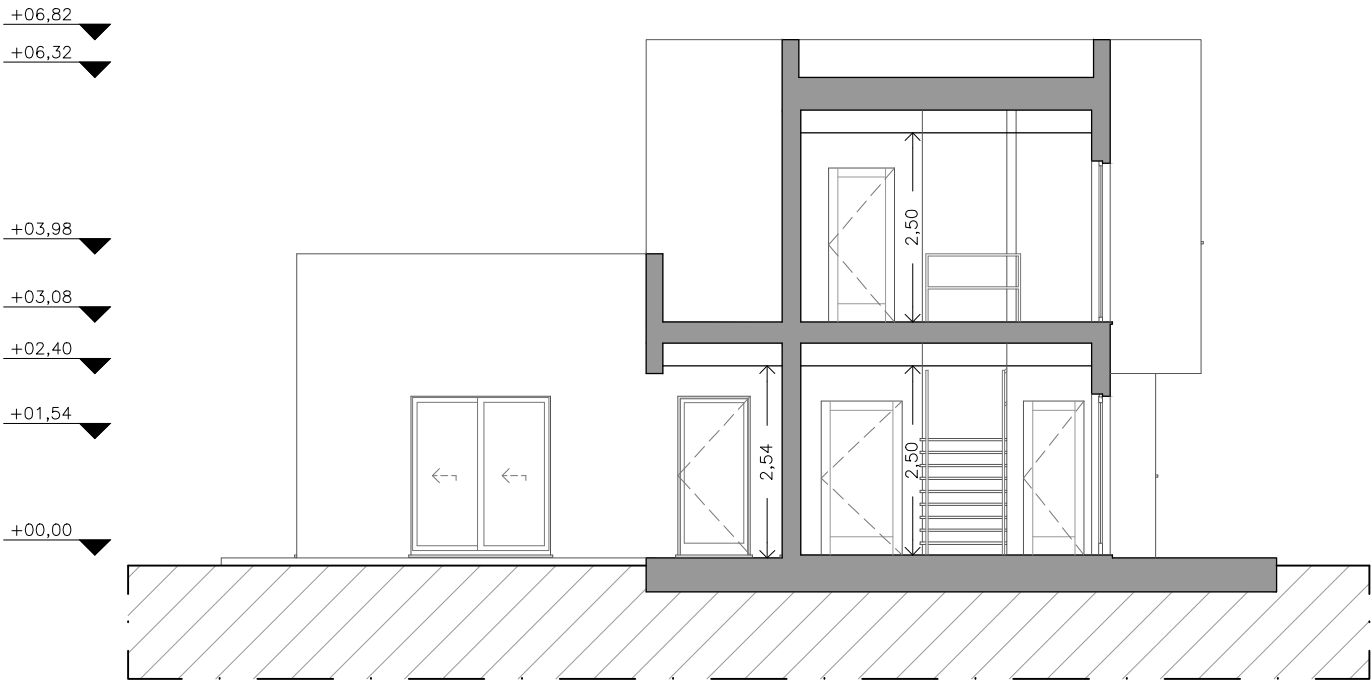


Corte BB

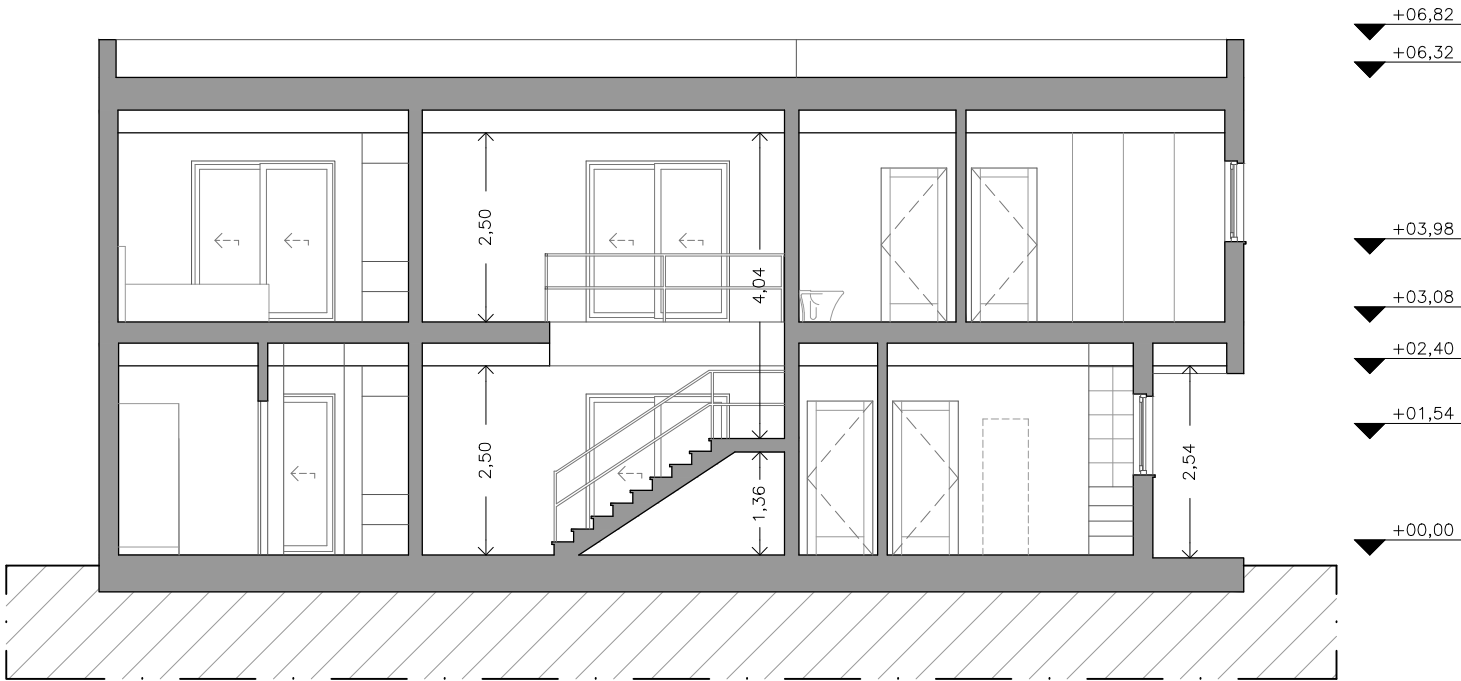


Corte DD

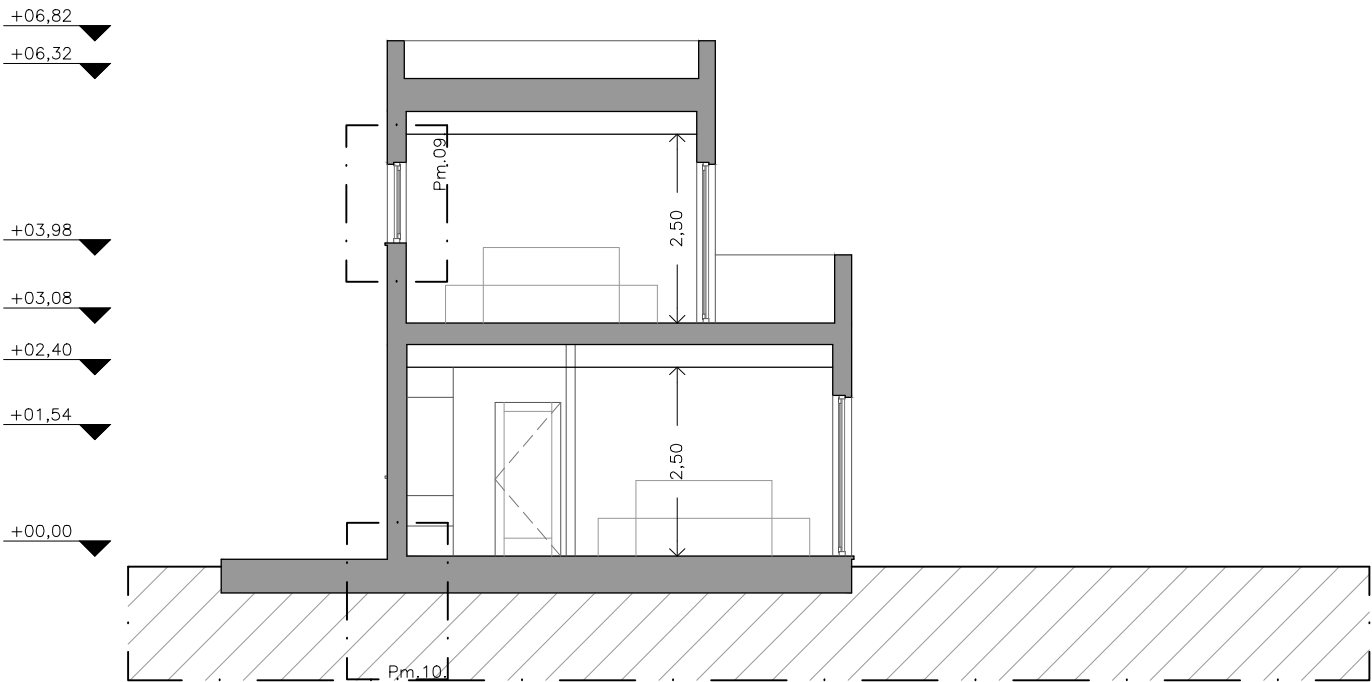
Aplicação de ferramenta de avaliação do ciclo de vida (LCA) em habitação em aço leve (LSF)	
Anexo C - Projeto de Habitação	
Cortes	esc: 1/100
Tiago Joaquim de Sá Laranjeira	Des. nº: 04   123



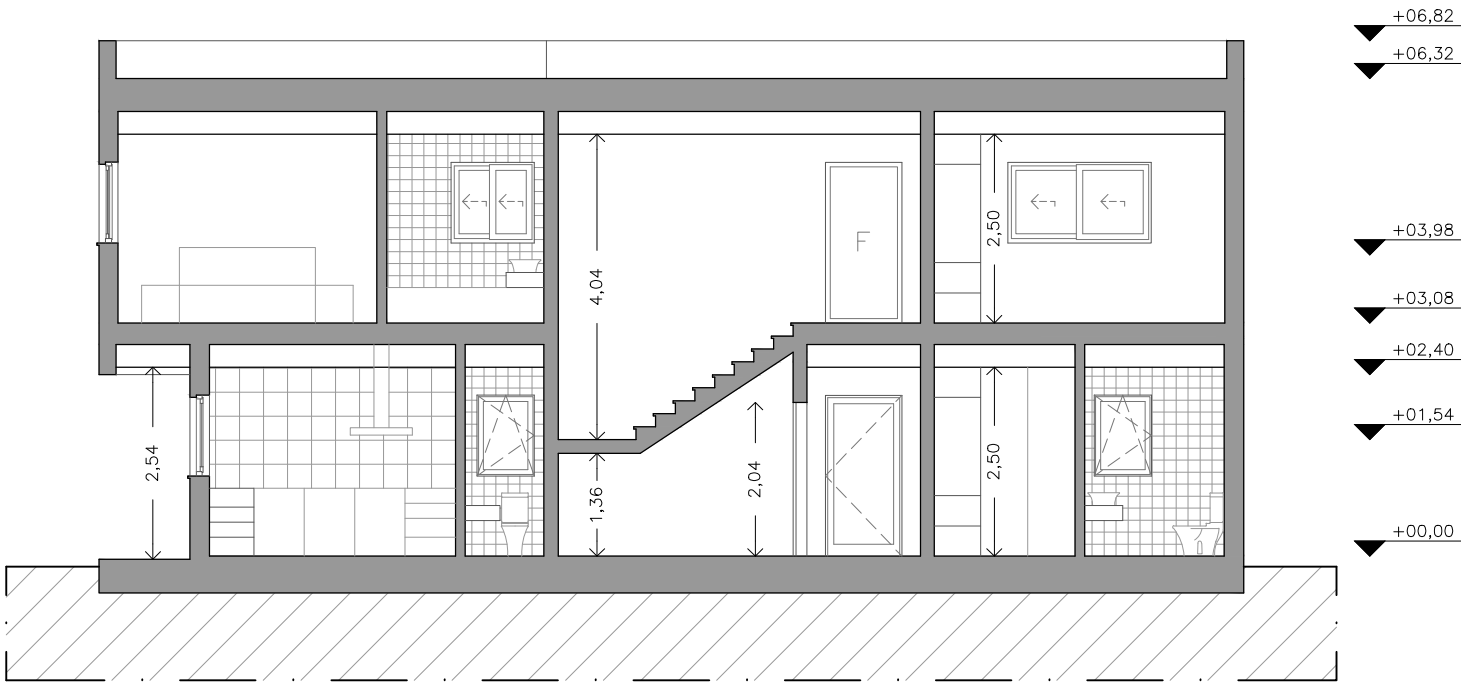
Corte EE



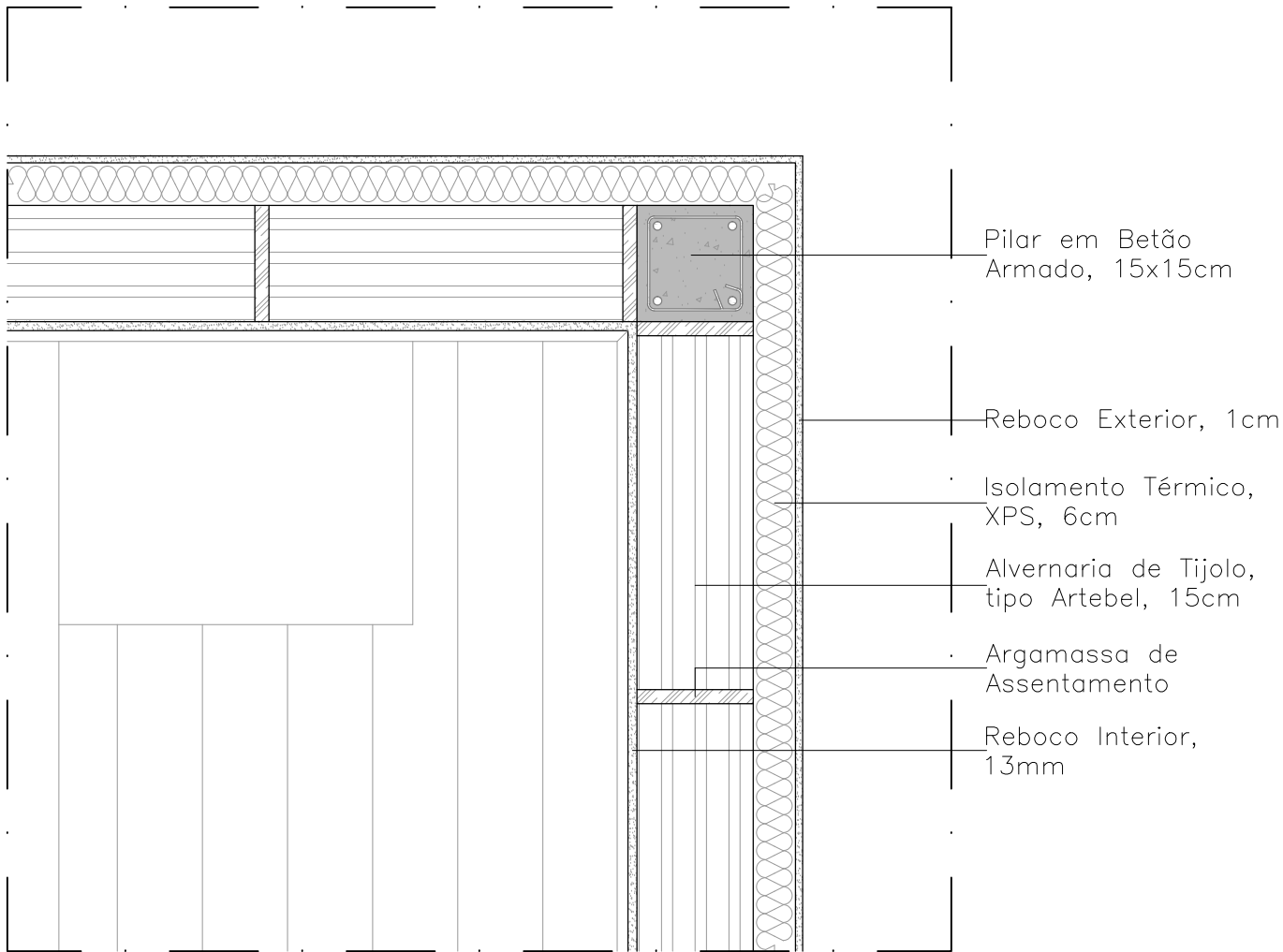
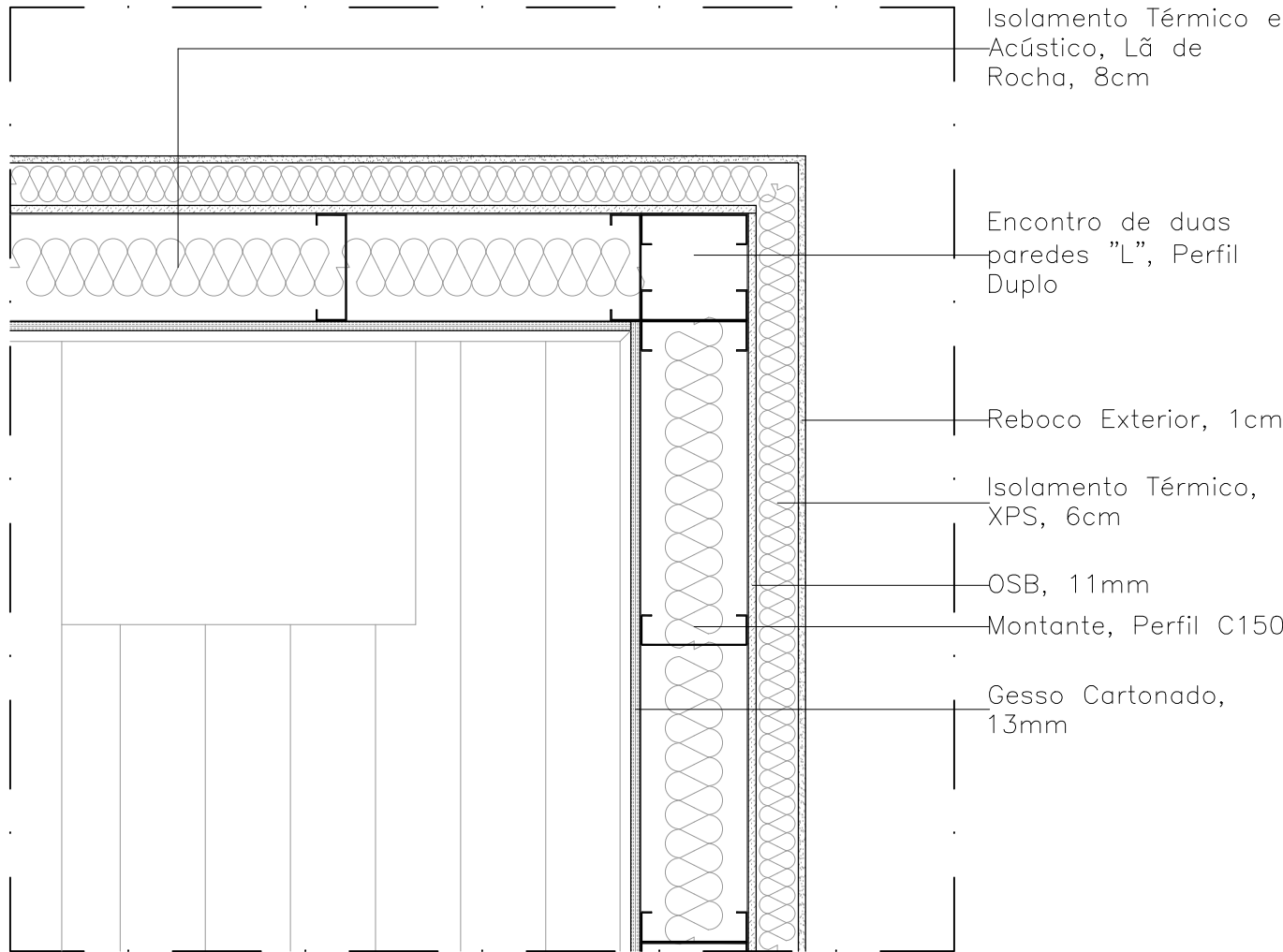
Corte GG



Corte FF



Corte HH



Legenda

Aço Galvanizado	Madeira
OSB	Betonilha de Regularização
Gesso Cartonado	Betão Leve
Betão	Isolamento
Alvenaria Tijolo	Membrana Drenante
Reboco	Membrana Geotextil
Argamassa (assentamento)	Impermeabilização

Aplicação de ferramenta de avaliação do ciclo de vida (LCA) em habitação em aço leve (LSF)

Anexo C - Projeto de Habitação

Pormenor - Pm. 01.

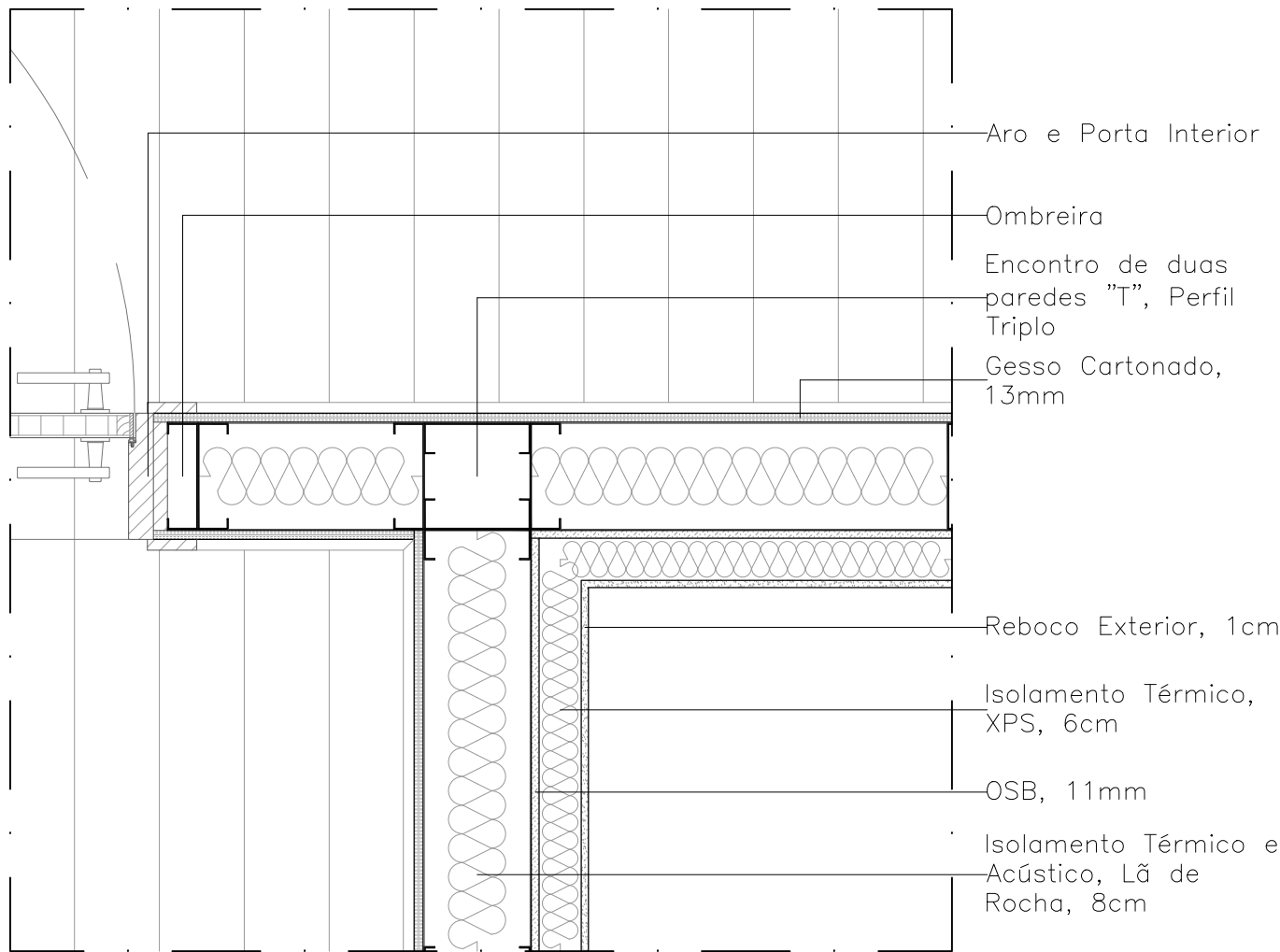
Tiago Joaquim de Sá Laranjeira

esc: 1/10

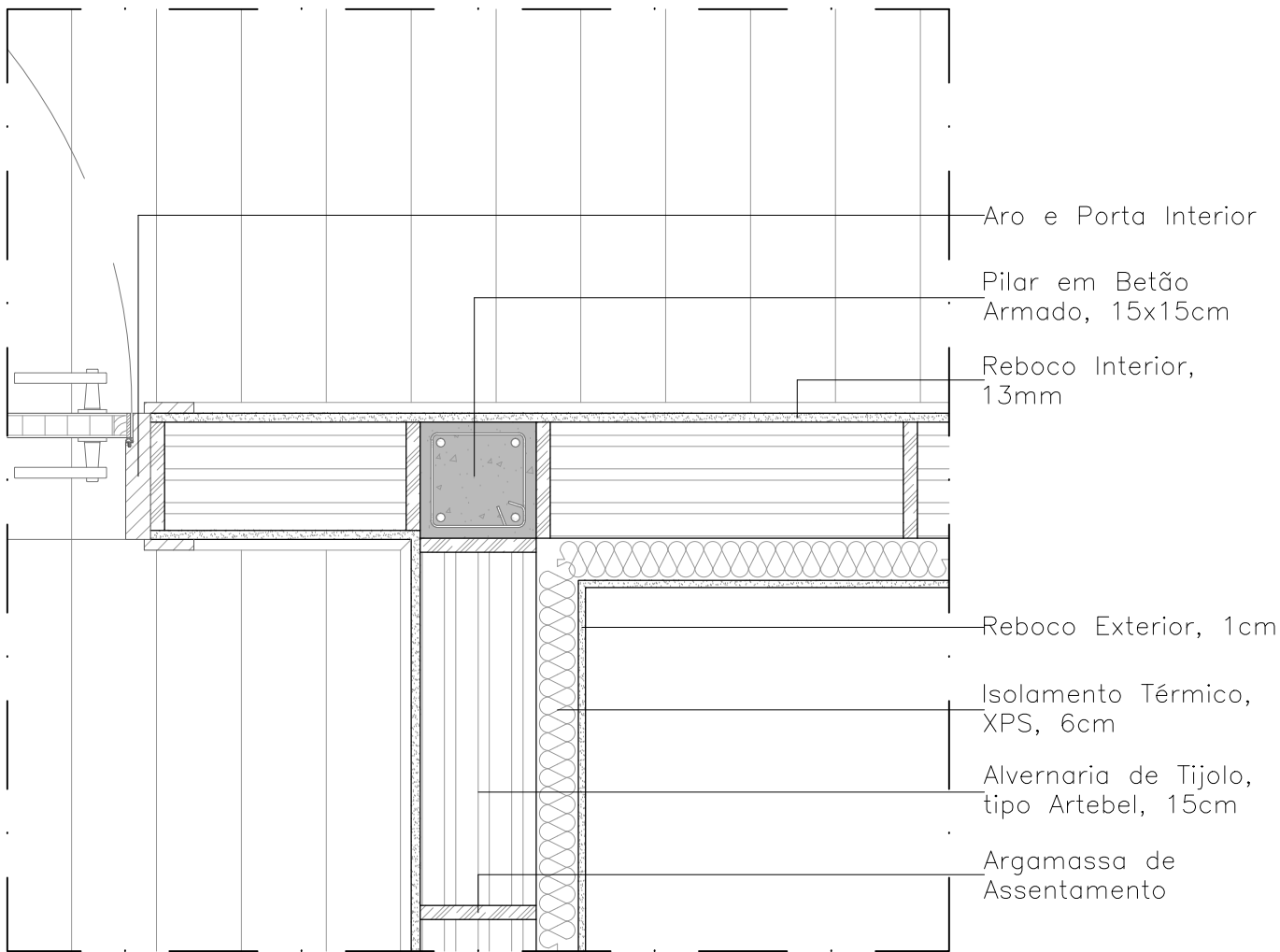
Des. nº: 06 | 127

















Modelo A – LSF



Modelo B – Betão Armado



Legenda

 Aço Galvanizado	 Madeira
 OSB	 Betonilha de Regularização
 Gesso Cartonado	 Betão Leve
 Betão	 Isolamento
 Alvenaria Tijolo	 Membrana Drenante
 Reboco	 Membrana Geotextil
 Argamassa (assentamento)	 Impermeabilização

Aplicação de ferramenta de avaliação do ciclo de vida (LCA) em habitação em aço leve (LSF)

Anexo C - Projeto de Habitação

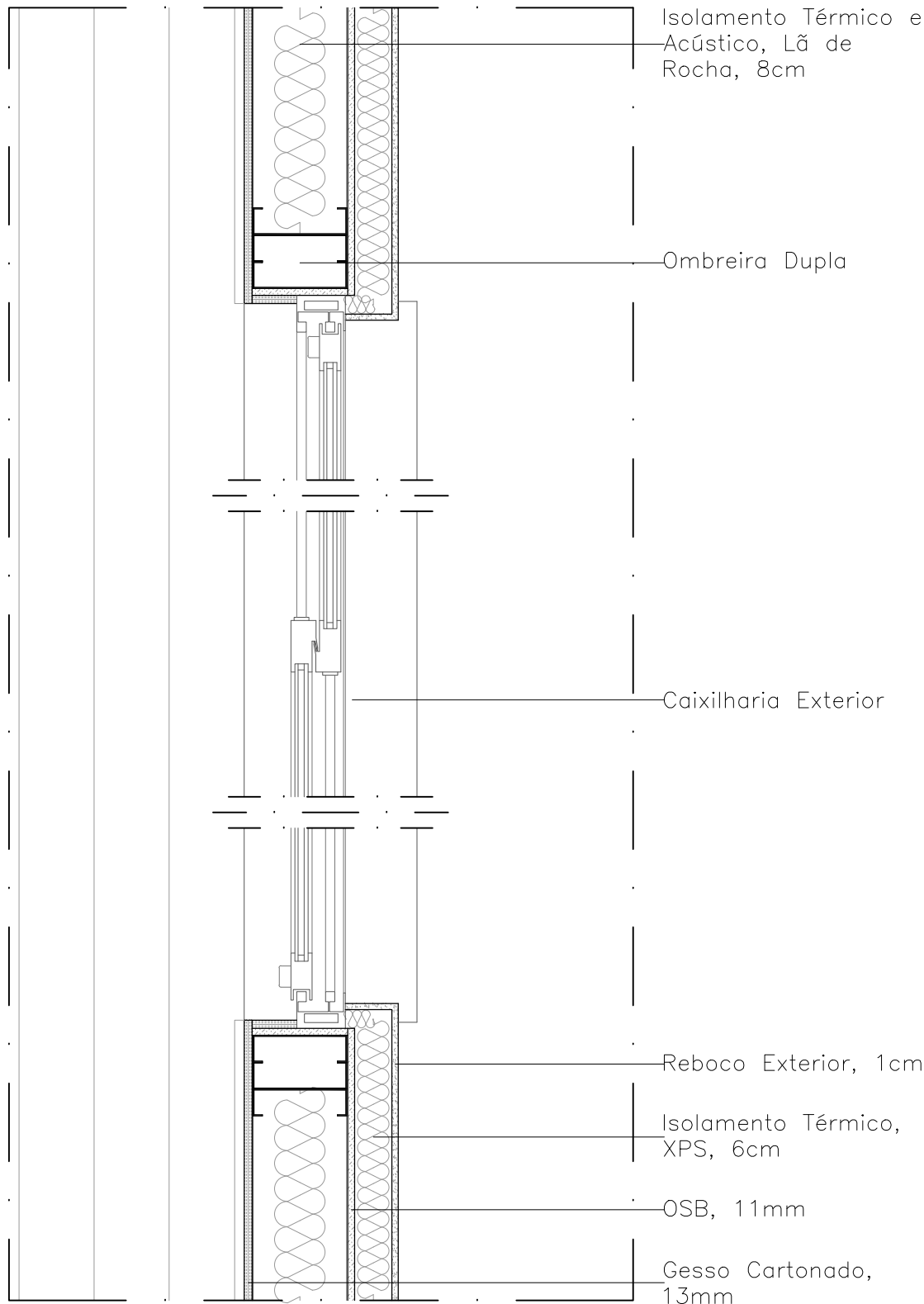
Pormenor - Pm. 02.

Tiago Joaquim de Sá Laranjeira

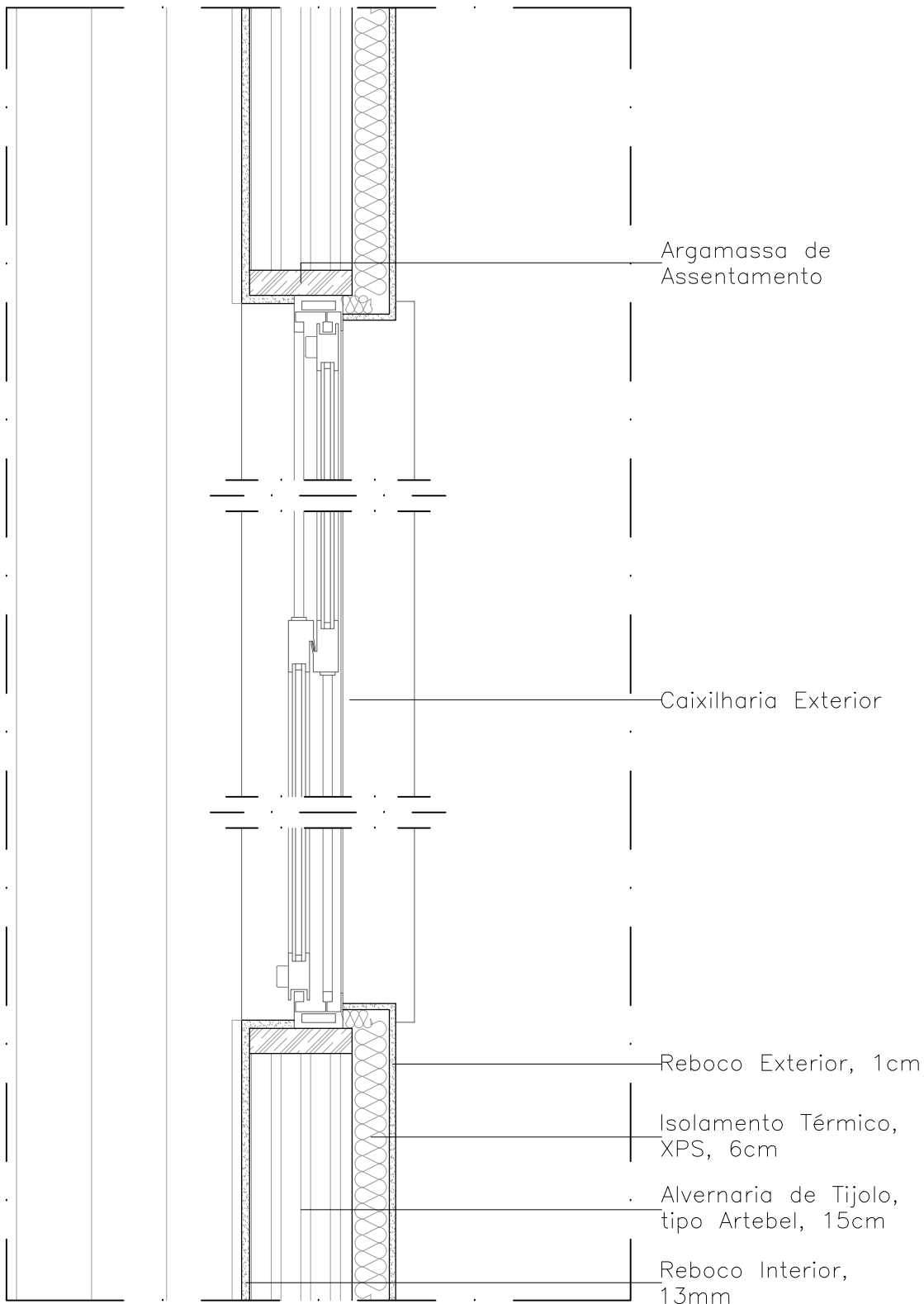
esc: 1/10

Des. nº: 07 | 129

Modelo A – LSF



Modelo B – Betão Armado



Legenda

Aço Galvanizado	Madeira
OSB	Betonilha de Regularização
Gesso Cartonado	Betão Leve
Betão	Isolamento
Alvenaria Tijolo	Membrana Drenante
Reboco	Membrana Geotextil
Argamassa (assentamento)	Impermeabilização

Aplicação de ferramenta de avaliação do ciclo de vida (LCA) em habitação em aço leve (LSF)

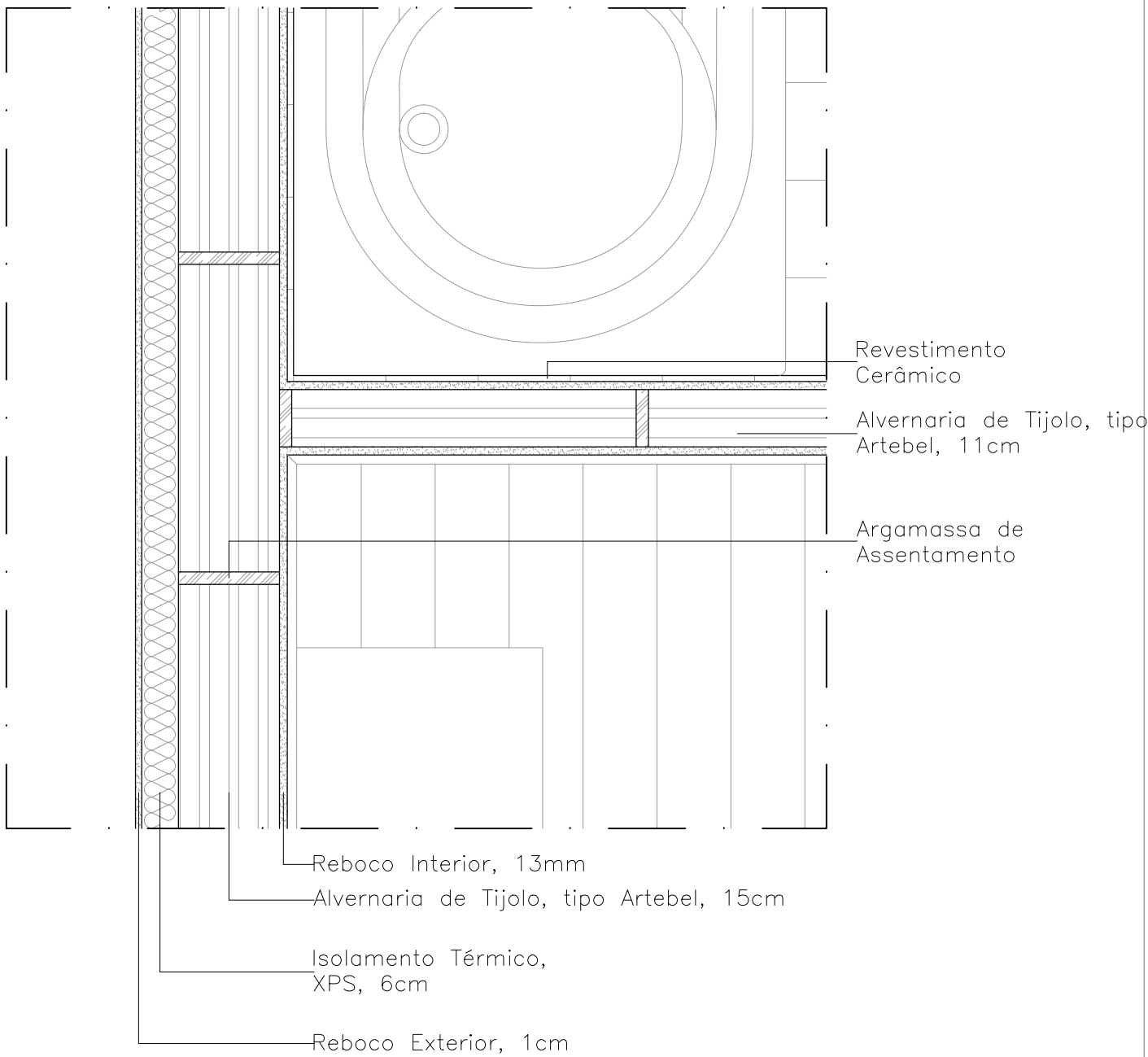
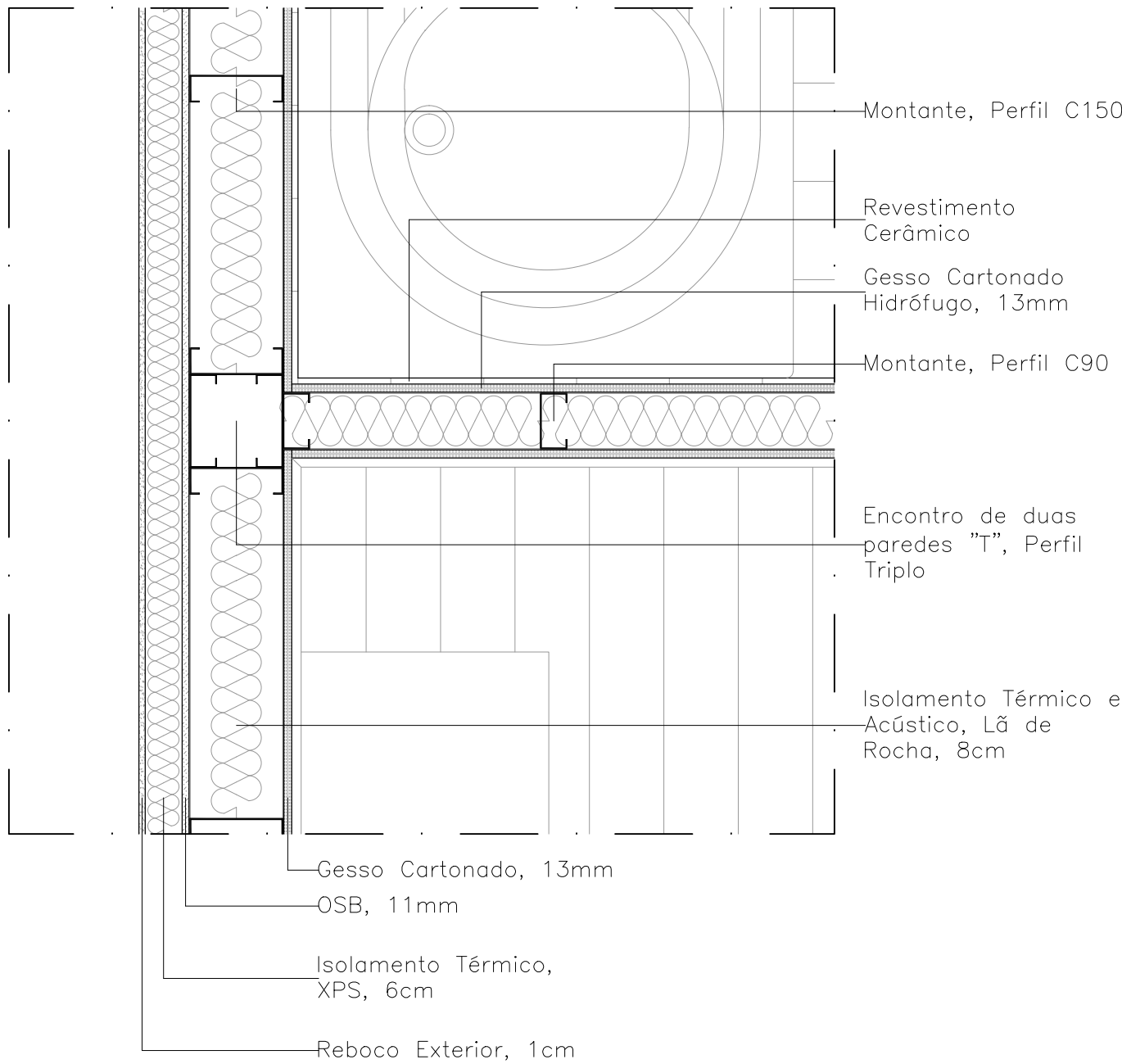
Anexo C - Projeto de Habitação

Pormenor - Pm. 03.

Tiago Joaquim de Sá Laranjeira

esc: 1/10

Des. nº: 08 | 131



Legenda

	Aço Galvanizado		Madeira
	OSB		Betonilha de Regularização
	Gesso Cartonado		Betão Leve
	Betão		Isolamento
	Alvenaria Tijolo		Membrana Drenante
	Reboco		Membrana Geotextil
	Argamassa (assentamento)		Impermeabilização

Aplicação de ferramenta de avaliação do ciclo de vida (LCA) em habitação em aço leve (LSF)

Anexo C - Projeto de Habitação

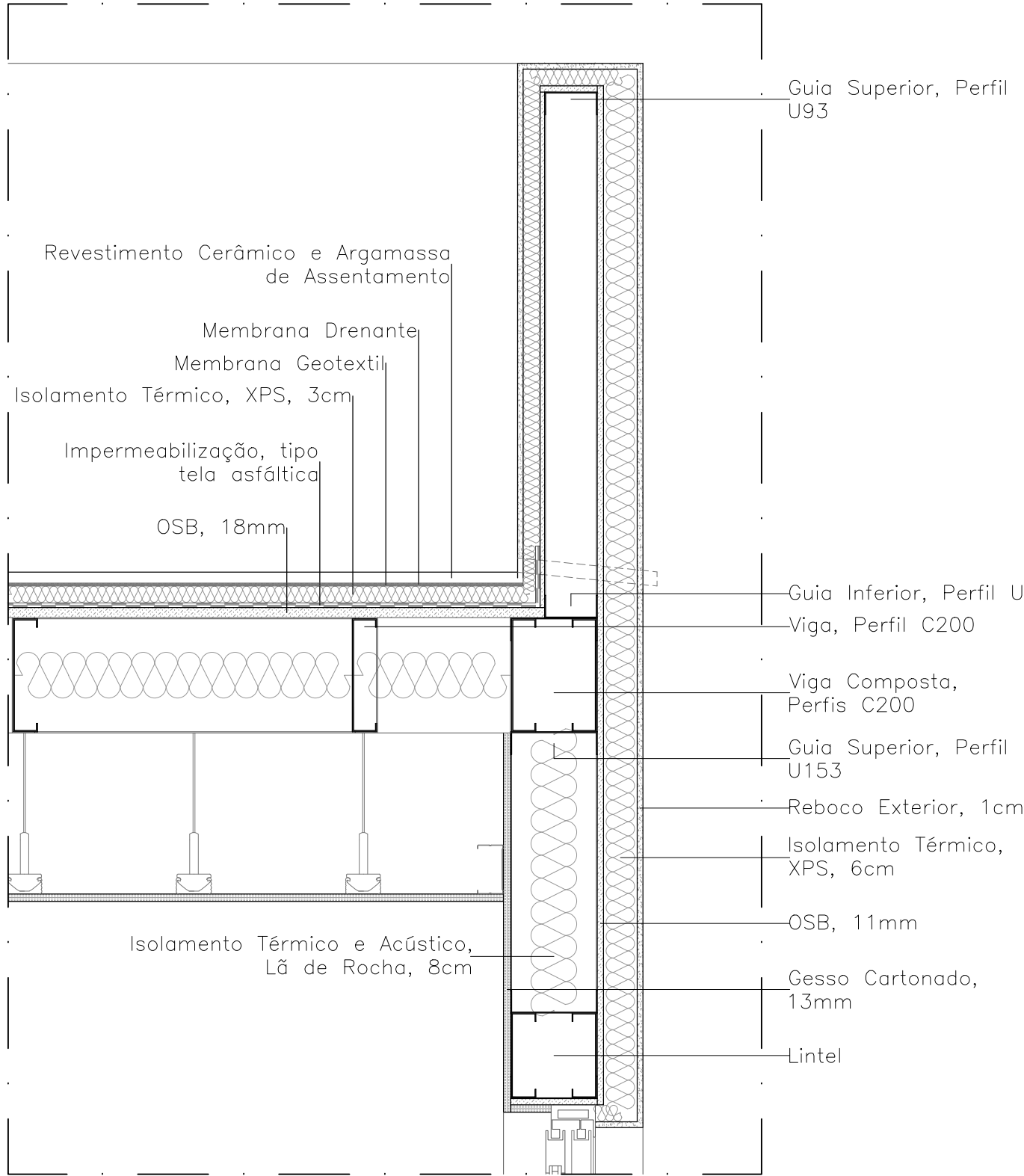
Pormenor - Pm. 04.

Tiago Joaquim de Sá Laranjeira

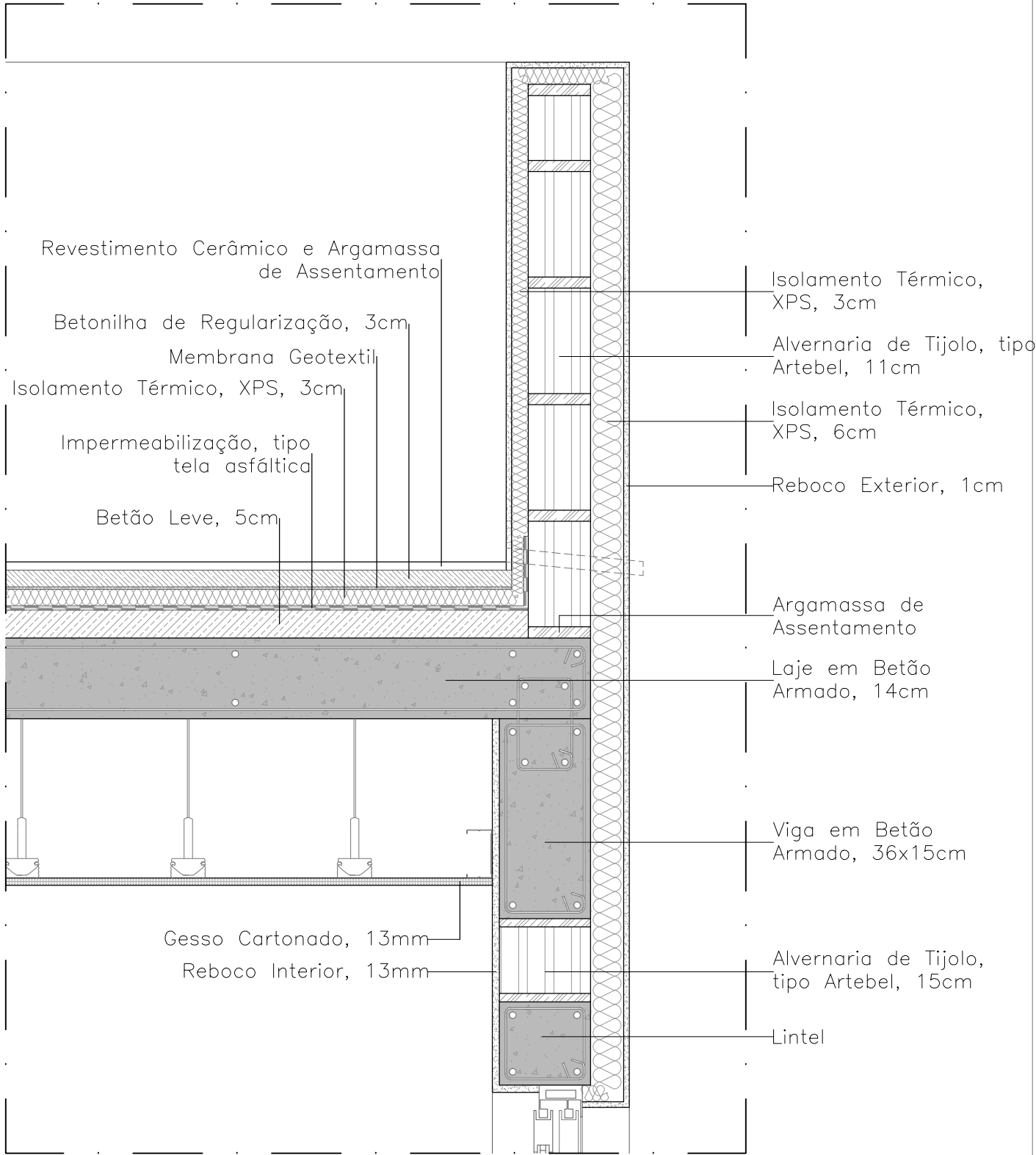
esc: 1/10

Des. nº: 09 | 133

Modelo A – LSF



Modelo B – Betão Armado



Legenda

	Aço Galvanizado		Madeira
	OSB		Betonilha de Regularização
	Gesso Cartonado		Betão Leve
	Betão		Isolamento
	Alvenaria Tijolo		Membrana Drenante
	Reboco		Membrana Geotextil
	Argamassa (assentamento)		Impermeabilização

Aplicação de ferramenta de avaliação do ciclo de vida (LCA) em habitação em aço leve (LSF)

Anexo C - Projeto de Habitação

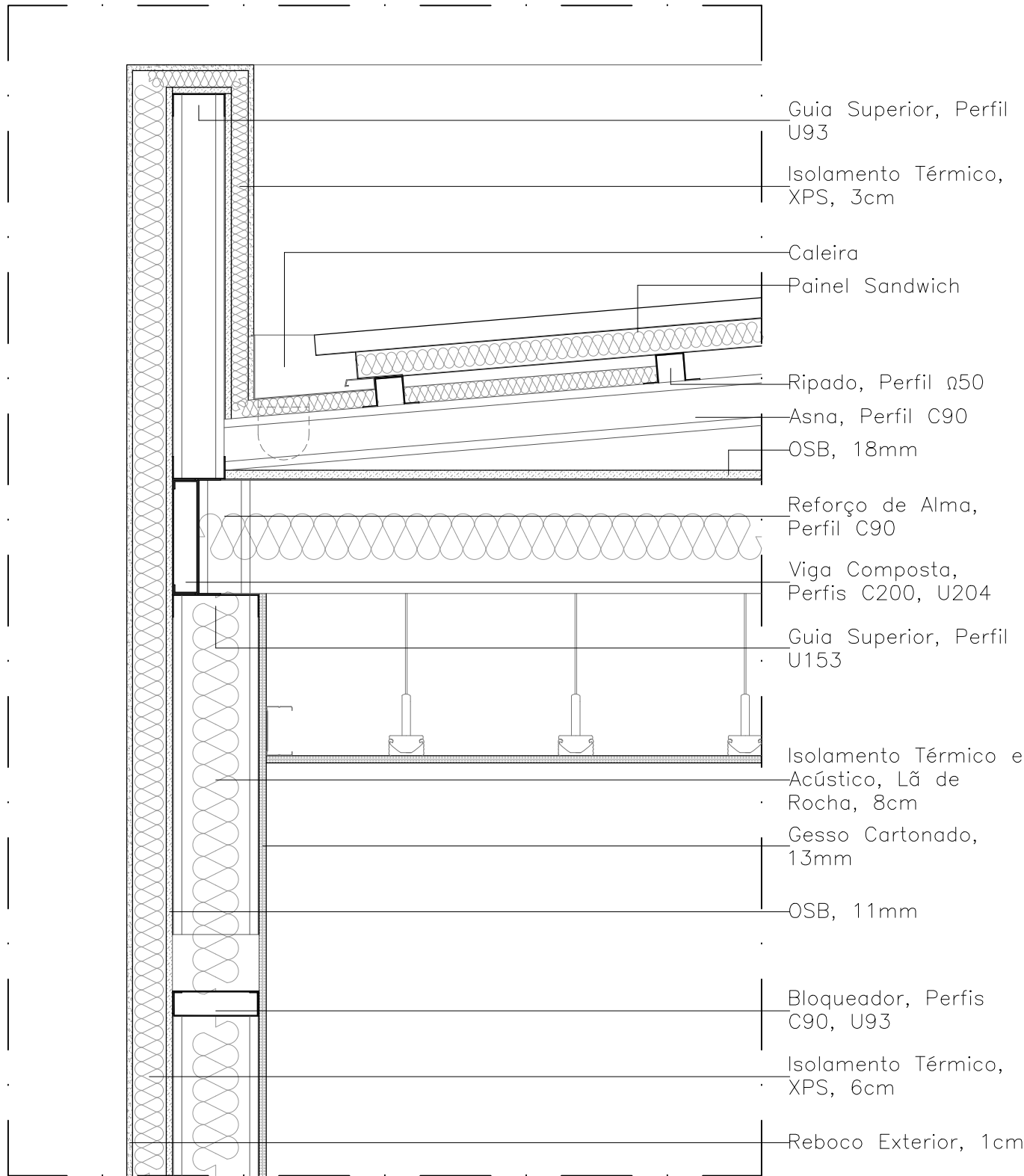
Pormenor - Pm. 05.

Tiago Joaquim de Sá Laranjeira

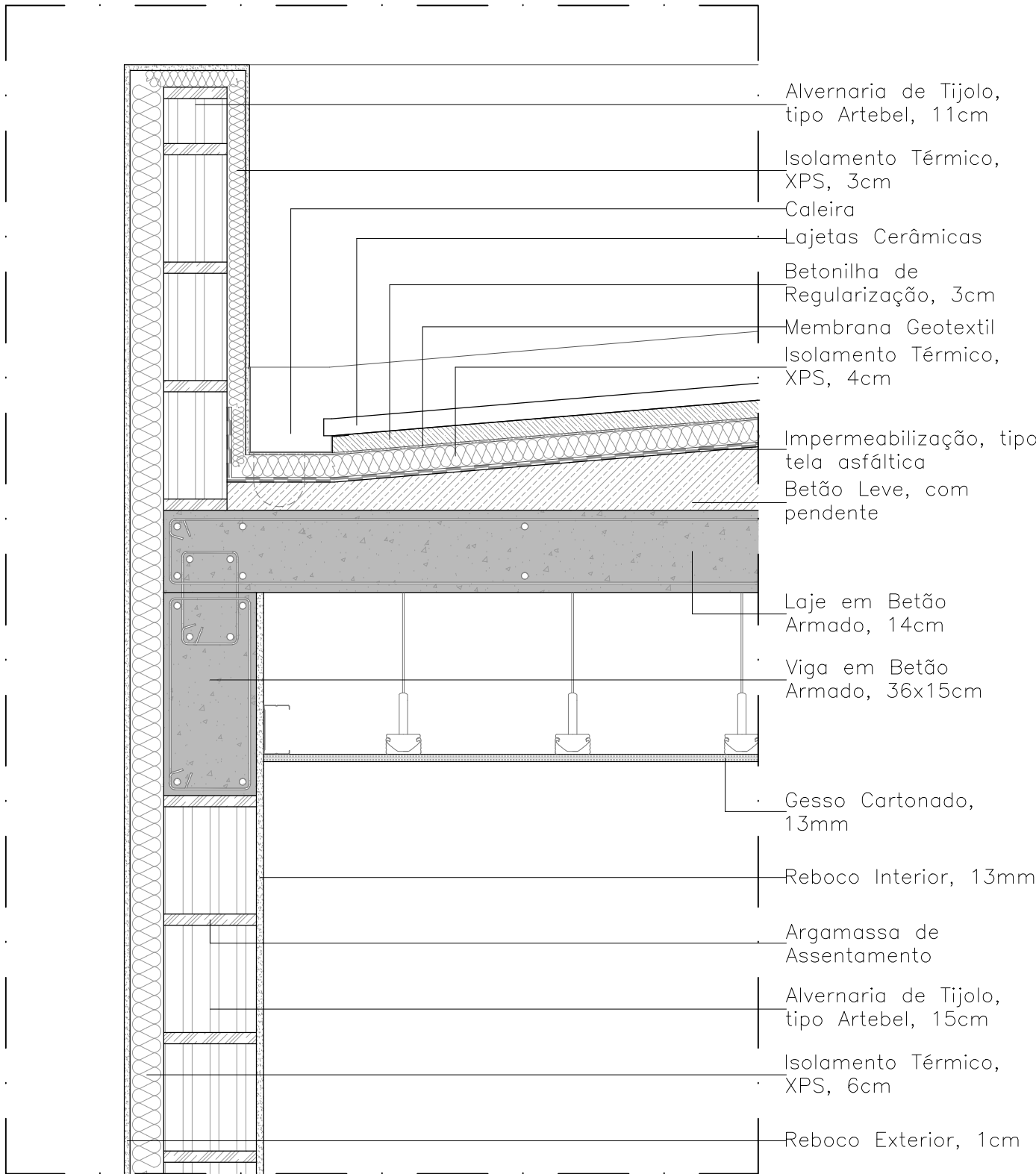
esc: 1/10

Des. nº: 10 | 135

Modelo A – LSF



Modelo B – Betão Armado



Legenda

Aço Galvanizado	Madeira
OSB	Betonilha de Regularização
Gesso Cartonado	Betão Leve
Betão	Isolamento
Alvenaria Tijolo	Membrana Drenante
Reboco	Membrana Geotextil
Argamassa (assentamento)	Impermeabilização

Aplicação de ferramenta de avaliação do ciclo de vida (LCA) em habitação em aço leve (LSF)

Anexo C - Projeto de Habitação

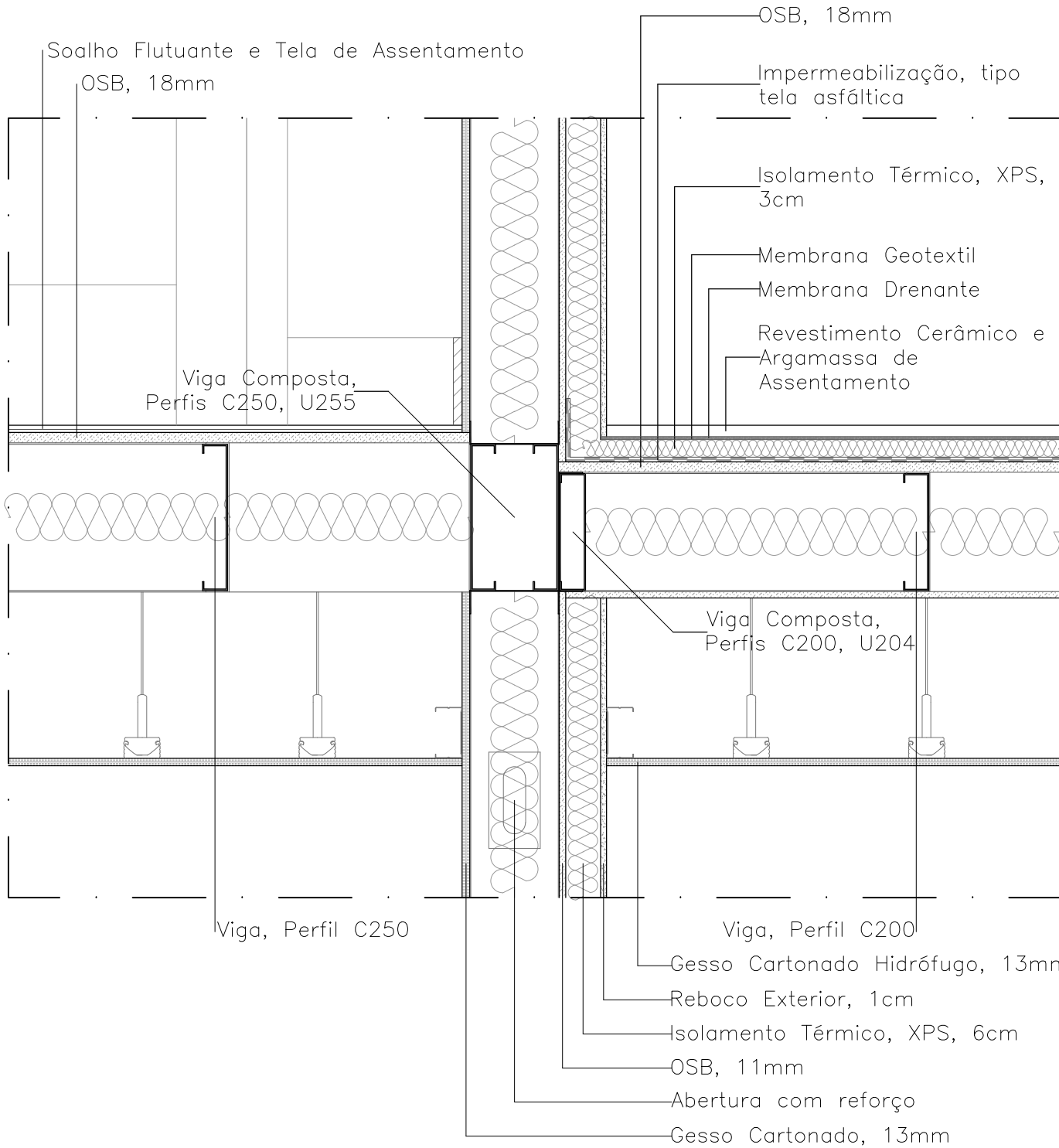
Pormenor - Pm. 06.

Tiago Joaquim de Sá Laranjeira

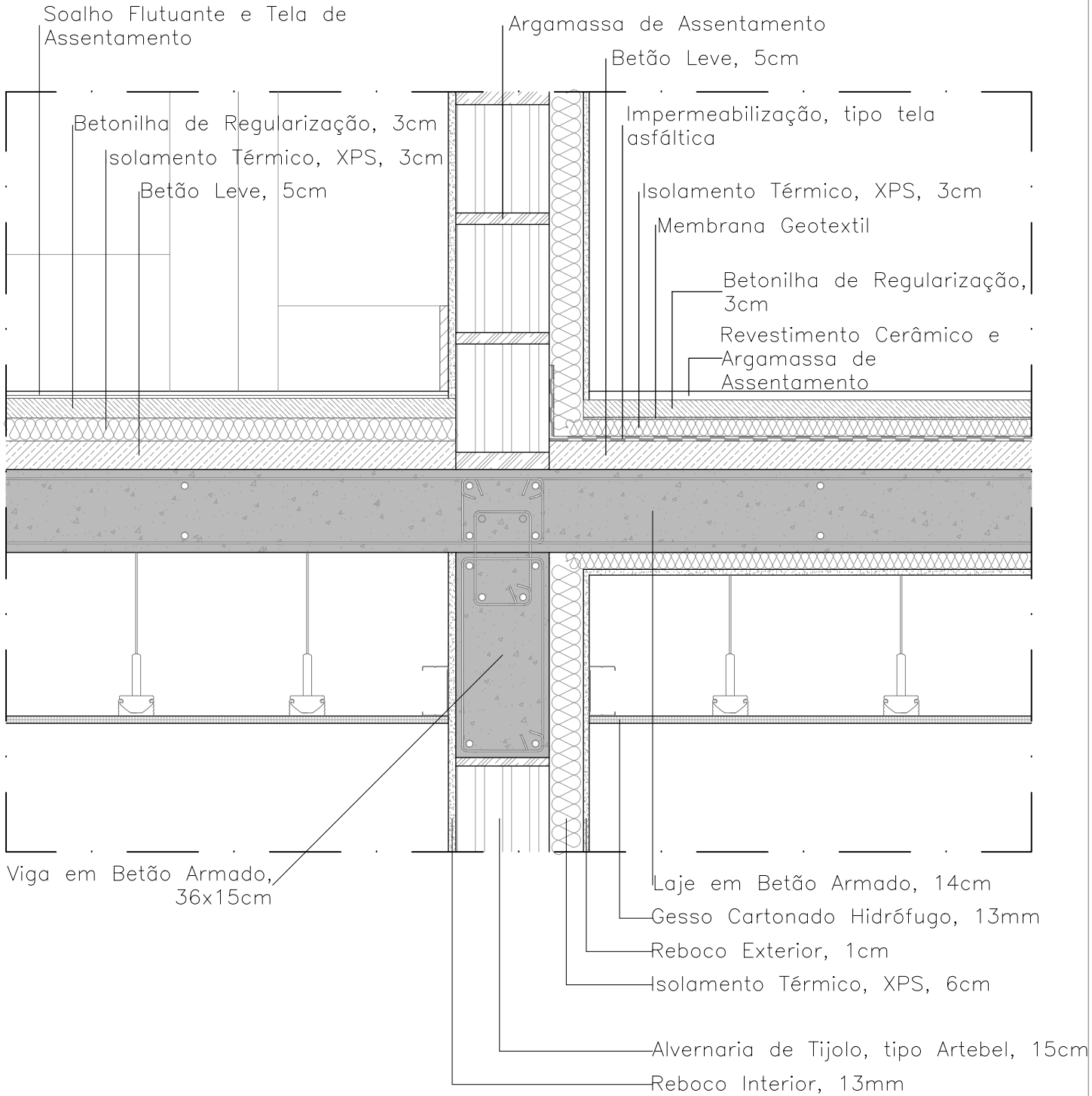
esc: 1/10

Des. nº: 11 | 137

Modelo A – LSF



Modelo B – Betão Armado



Legenda

	Aço Galvanizado		Madeira
	OSB		Betonilha de Regularização
	Gesso Cartonado		Betão Leve
	Betão		Isolamento
	Alvenaria Tijolo		Membrana Drenante
	Reboco		Membrana Geotextil
	Argamassa (assentamento)		Impermeabilização

Aplicação de ferramenta de avaliação do ciclo de vida (LCA) em habitação em aço leve (LSF)

Anexo C - Projeto de Habitação

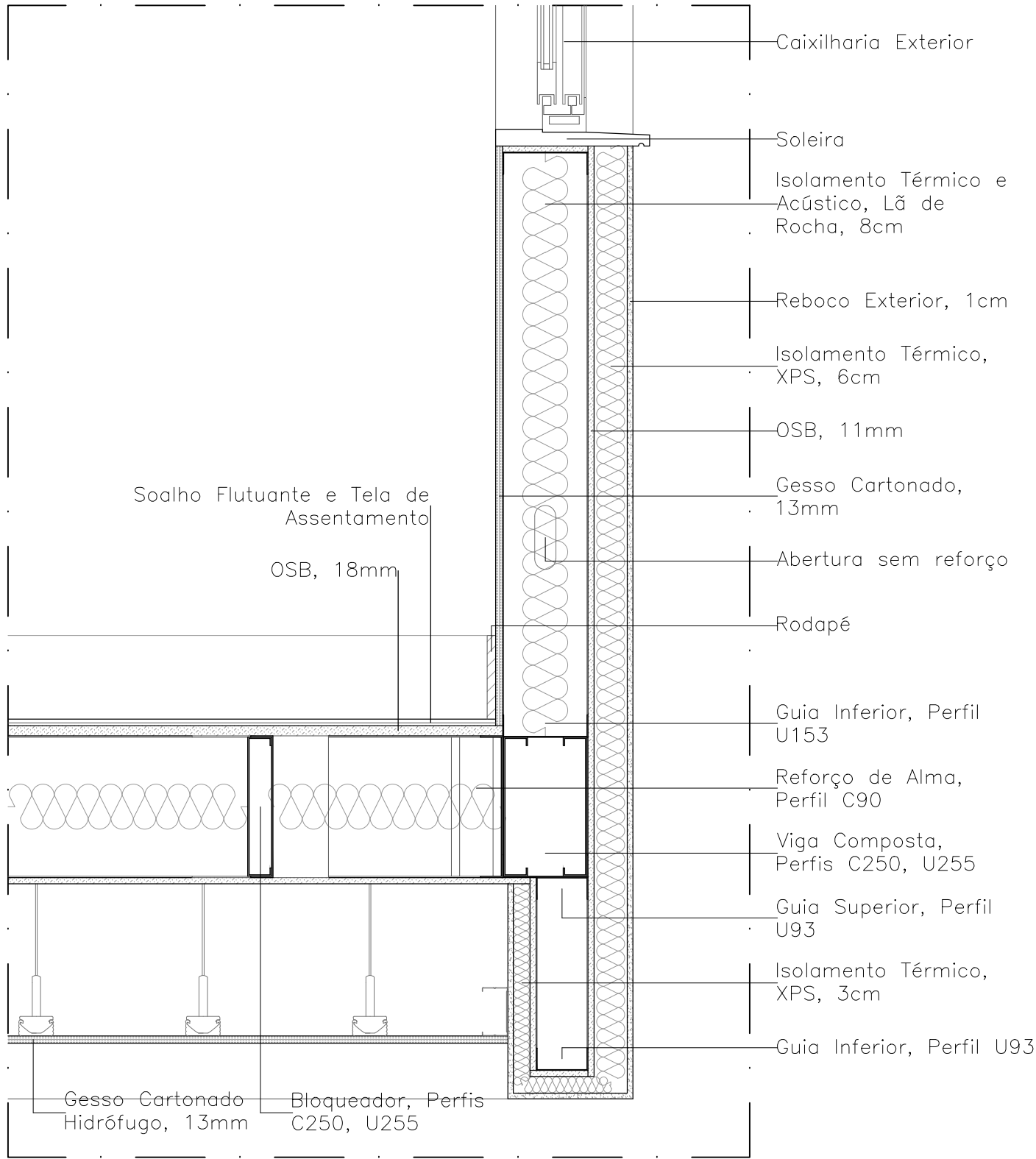
Pormenor - Pm. 07.

Tiago Joaquim de Sá Laranjeira

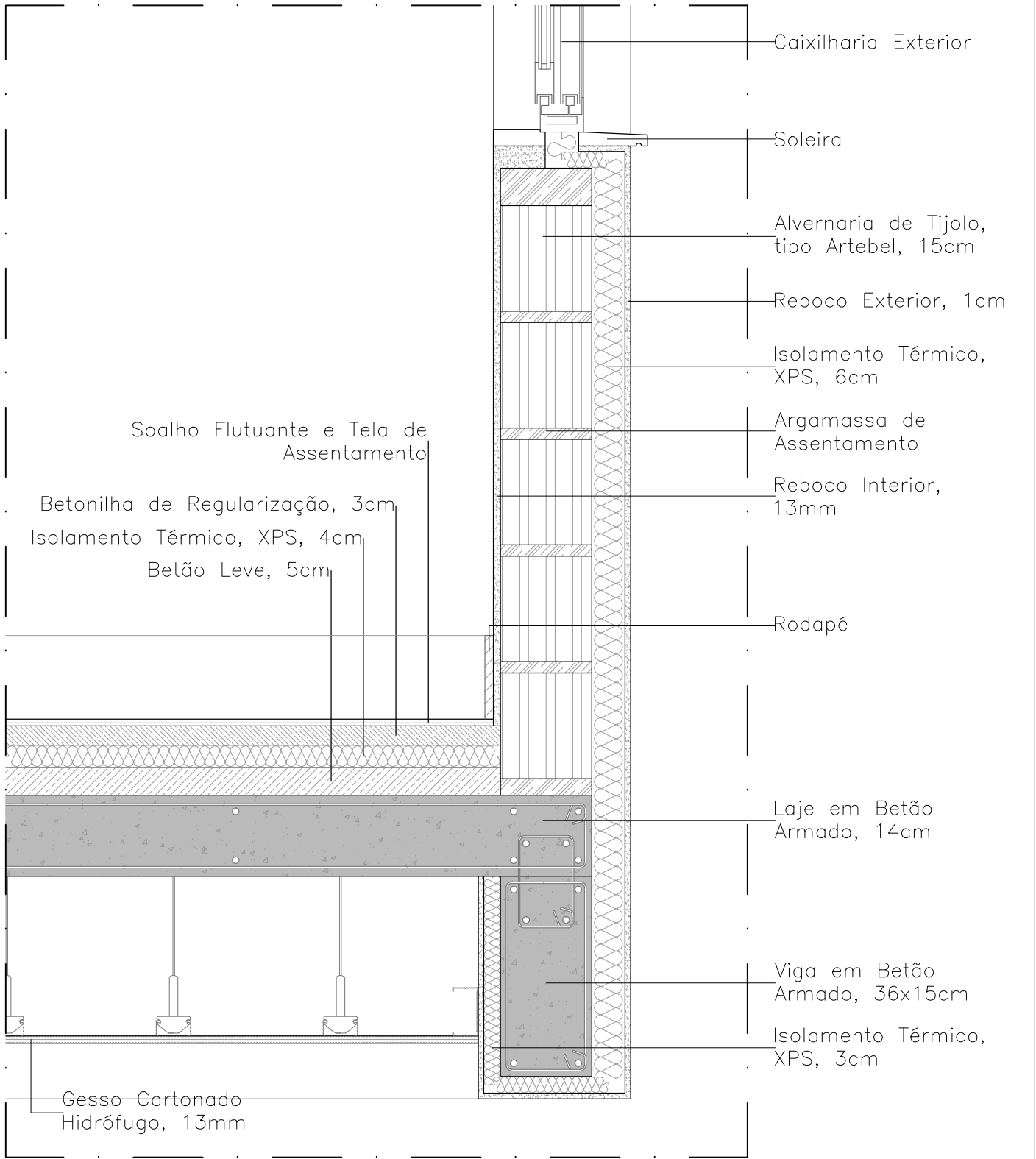
esc: 1/10

Des. nº: 12 | 139

Modelo A – LSF



Modelo B – Betão Armado



Legenda

Aço Galvanizado	Madeira
OSB	Betonilha de Regularização
Gesso Cartonado	Betão Leve
Betão	Isolamento
Alvenaria Tijolo	Membrana Drenante
Reboco	Membrana Geotextil
Argamassa (assentamento)	Impermeabilização

Aplicação de ferramenta de avaliação do ciclo de vida (LCA) em habitação em aço leve (LSF)

Anexo C - Projeto de Habitação

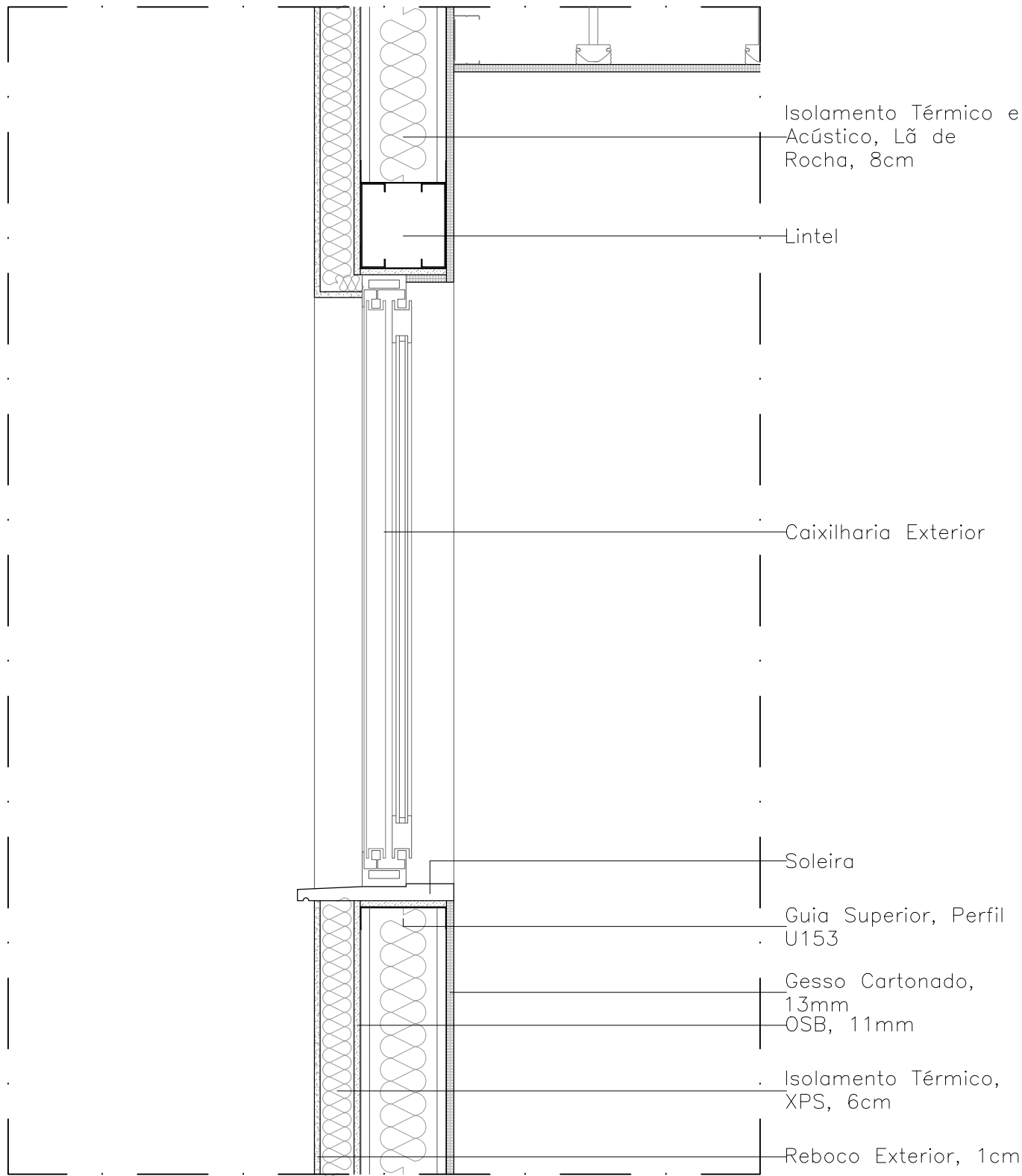
Pormenor - Pm. 08.

Tiago Joaquim de Sá Laranjeira

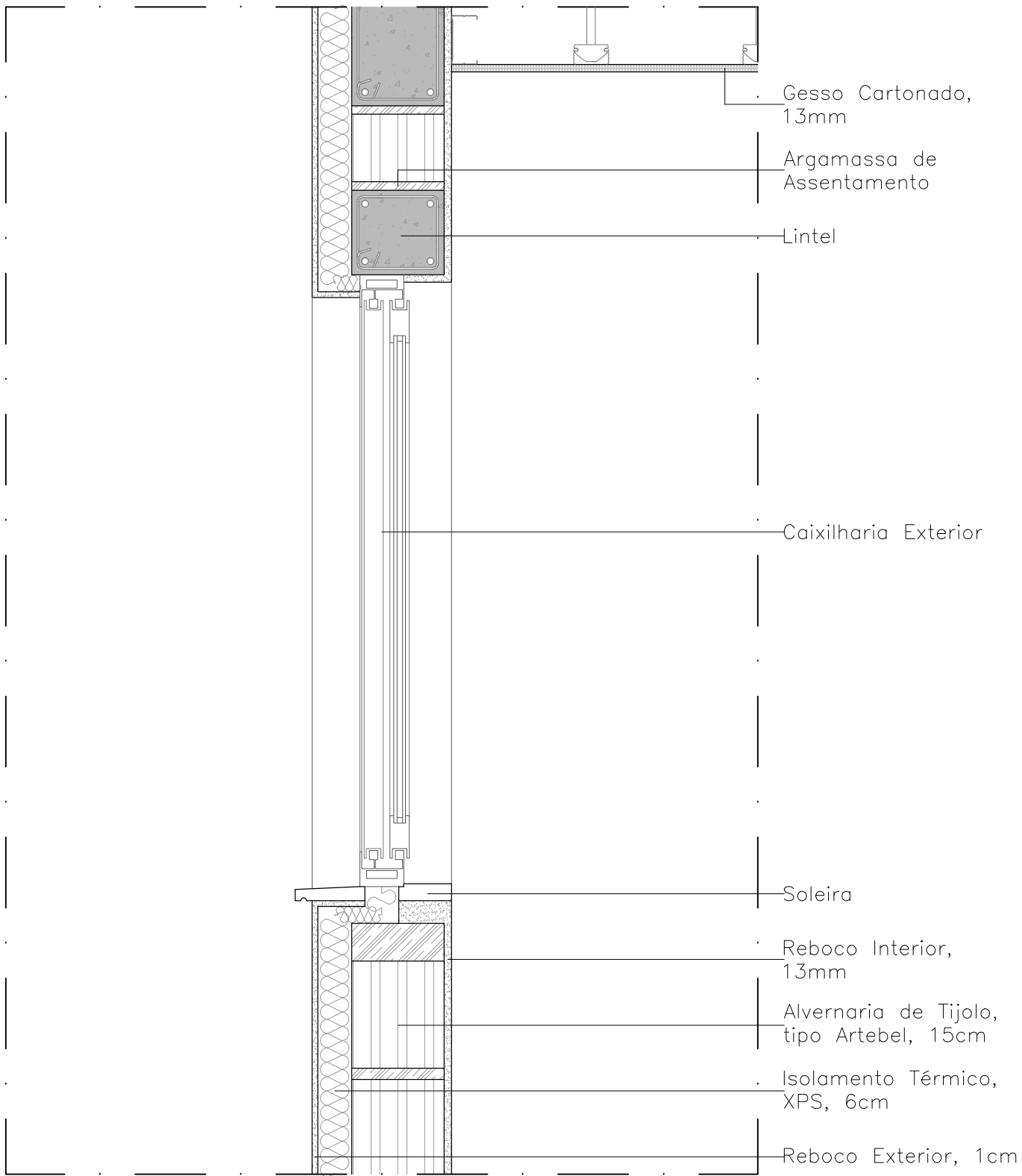
esc: 1/10

Des. nº: 13 | 141

Modelo A – LSF



Modelo B – Betão Armado



Legenda

Aço Galvanizado	Madeira
OSB	Betonilha de Regularização
Gesso Cartonado	Betão Leve
Betão	Isolamento
Alvenaria Tijolo	Membrana Drenante
Reboco	Membrana Geotextil
Argamassa (assentamento)	Impermeabilização

Aplicação de ferramenta de avaliação do ciclo de vida (LCA) em habitação em aço leve (LSF)

Anexo C - Projeto de Habitação

Pormenor - Pm. 09.

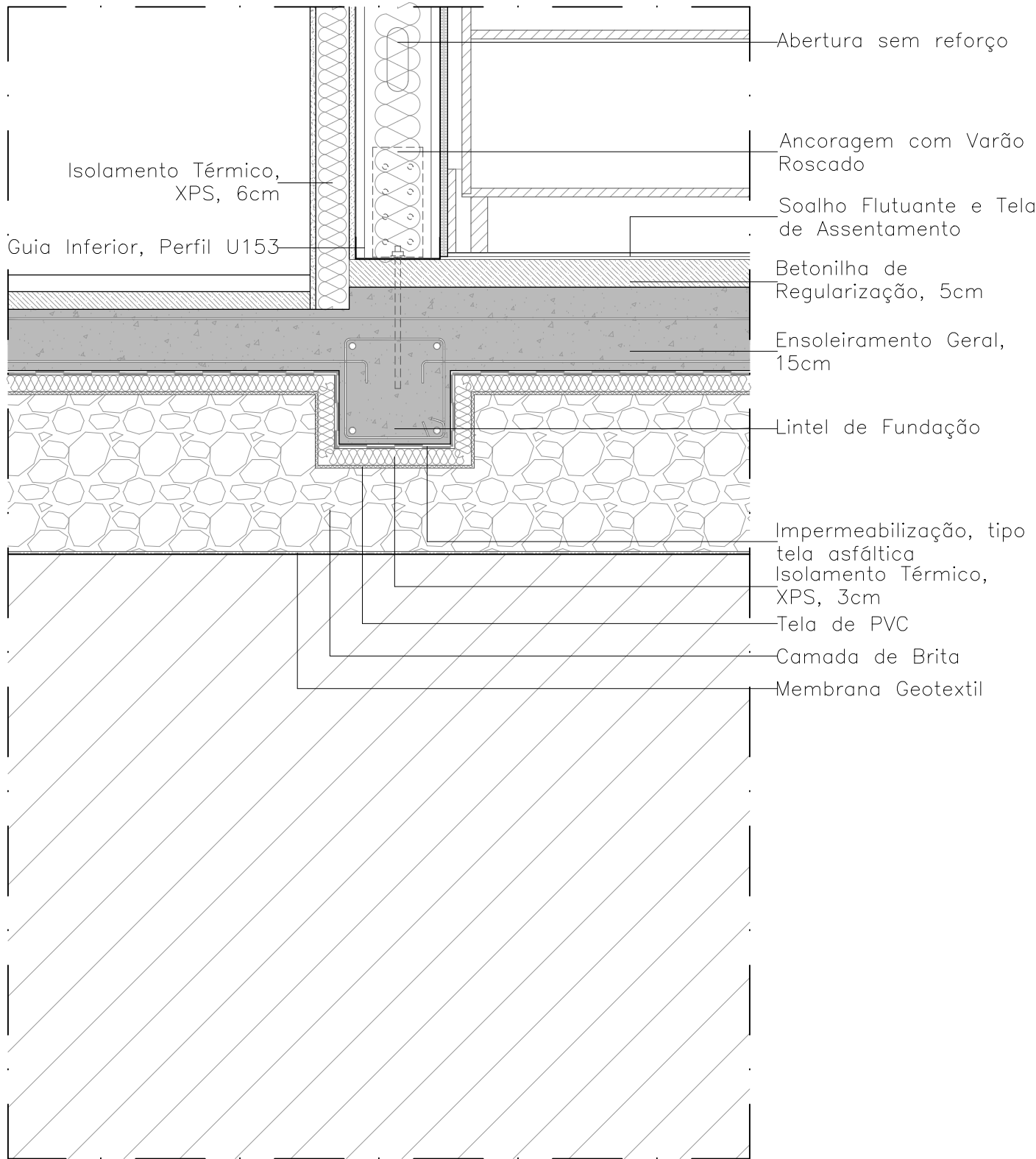
Tiago Joaquim de Sá Laranjeira

esc: 1/10

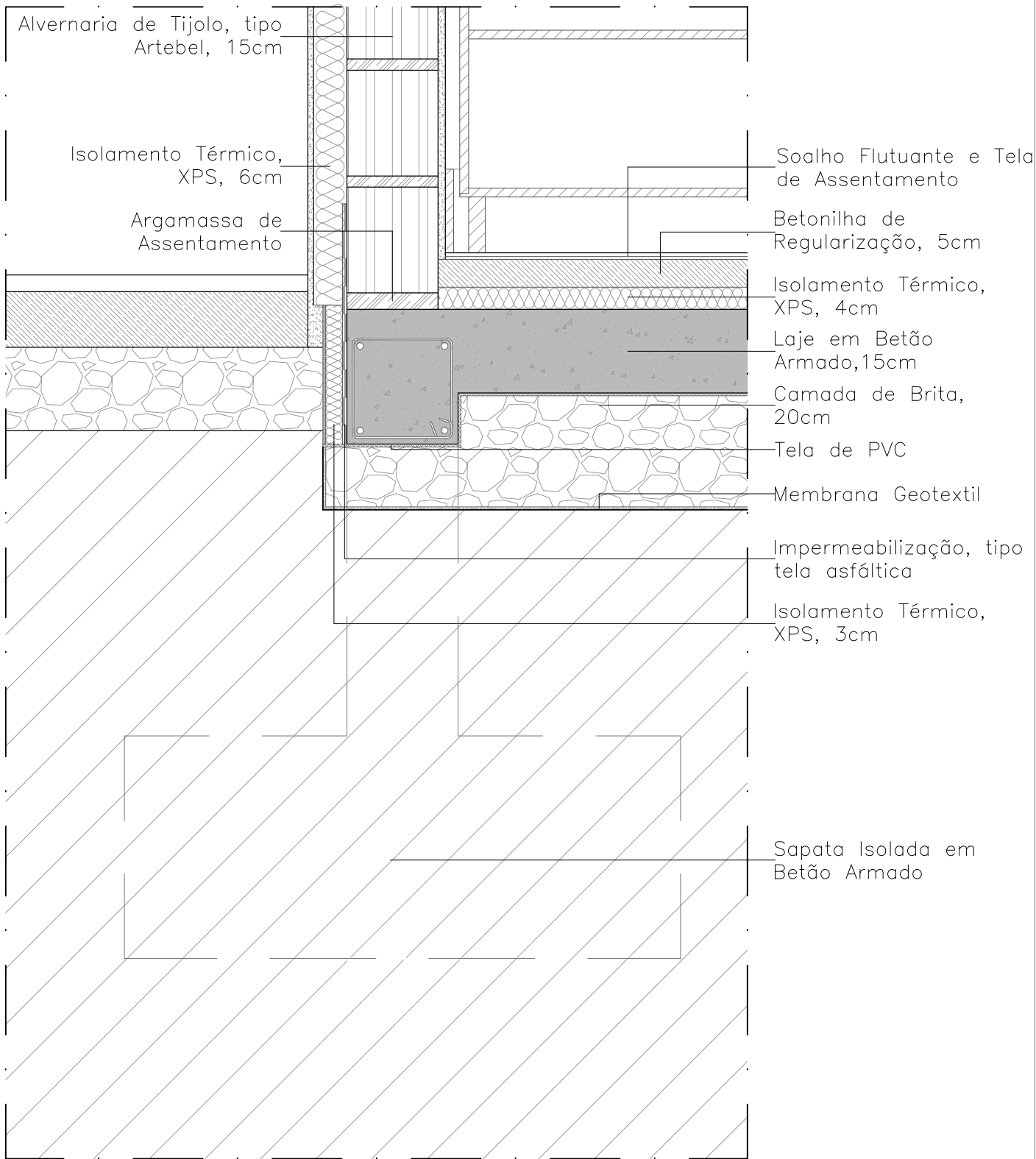
Des. nº: 14 | 143



Modelo A – LSF



Modelo B – Betão Armado



Legenda

	Aço Galvanizado		Madeira
	OSB		Betonilha de Regularização
	Gesso Cartonado		Betão Leve
	Betão		Isolamento
	Alvenaria Tijolo		Membrana Drenante
	Reboco		Membrana Geotextil
	Argamassa (assentamento)		Impermeabilização

Aplicação de ferramenta de avaliação do ciclo de vida (LCA) em habitação em aço leve (LSF)

Anexo C - Projeto de Habitação

Pormenor - Pm. 10.

Tiago Joaquim de Sá Laranjeira

esc: 1/10

Des. nº: 15 | 145

Anexo D - Análise do Inventário do Ciclo de Vida (“Life Cycle Inventory Analysis” - LCI): Emissões

I. Modelo A: quantificação das emissões para a água

	Product			Construction Process			Use				End of life			Total effects			
	Manufacturing	Transport	Total	Construction-installation process	Transport	Total	Replacement manufacturing	Replacement transport	Operational energy use annual	Total	De-construction demolition	Transport	Total	Non-transport	Transport	Operational energy use	Total
2-Hexanone mg	4.67e+01	2.62e+00	4.93e+01	4.79e+00	8.91e+00	1.37e+01	1.16e+01	2.91e-01	2.89e+01	1.45e+03	4.91e+00	1.52e+00	6.43e+00	6.80e+01	1.33e+01	1.44e+03	1.52e+03
Acetone mg	7.34e+01	4.01e+00	7.74e+01	7.53e+00	1.36e+01	2.12e+01	1.77e+01	4.45e-01	4.42e+01	2.23e+03	7.51e+00	2.33e+00	9.84e+00	1.06e+02	2.04e+01	2.21e+03	2.34e+03
Acids, unspecified mg	1.30e+04	0.00e+00	1.30e+04	6.98e+02	0.00e+00	6.98e+02	1.90e+03	0.00e+00	0.00e+00	1.90e+03	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.56e+04	0.00e+00	0.00e+00	1.56e+04
Aluminum mg	3.48e+05	3.60e+04	3.84e+05	5.54e+04	1.22e+05	1.78e+05	6.74e+04	3.99e+03	1.73e+05	8.70e+06	6.59e+04	2.09e+04	8.68e+04	5.36e+05	1.83e+05	8.63e+06	9.35e+06
Ammonia mg	2.21e+05	7.64e+03	2.28e+05	1.36e+04	2.60e+04	3.95e+04	2.39e+04	8.48e+02	6.31e+04	3.18e+06	1.20e+04	4.44e+03	1.64e+04	2.70e+05	3.89e+04	3.15e+06	3.46e+06
Ammonia, as N mg	1.92e-03	0.00e+00	1.92e-03	1.03e-04	0.00e+00	1.03e-04	3.45e-06	0.00e+00	0.00e+00	3.45e-06	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.02e-03	0.00e+00	0.00e+00	2.02e-03
Ammonium, ion mg	4.06e+05	0.00e+00	4.06e+05	2.78e+04	0.00e+00	2.78e+04	2.95e+05	0.00e+00	0.00e+00	2.95e+05	1.29e+01	0.00e+00	1.29e+01	7.29e+05	0.00e+00	0.00e+00	7.29e+05
Antimony mg	1.83e+02	2.25e+01	2.06e+02	3.20e+01	7.64e+01	1.08e+02	3.53e+01	2.49e+00	1.07e+02	5.39e+03	4.12e+01	1.30e+01	5.42e+01	2.92e+02	1.14e+02	5.35e+03	5.76e+03
Arsenic, ion mg	1.84e+03	1.11e+02	1.95e+03	2.00e+02	3.77e+02	5.78e+02	7.06e+02	1.23e+01	1.05e+03	5.31e+04	2.07e+02	6.44e+01	2.71e+02	2.95e+03	5.65e+02	5.24e+04	5.59e+04
Barium mg	3.50e+06	4.93e+05	3.99e+06	6.59e+05	1.67e+06	2.33e+06	6.89e+05	5.47e+04	2.47e+06	1.24e+08	9.03e+05	2.86e+05	1.19e+06	5.75e+06	2.51e+06	1.23e+08	1.32e+08
Benzene mg	1.73e+05	6.73e+02	1.73e+05	9.26e+03	2.29e+03	1.15e+04	3.09e+03	7.47e+01	7.41e+03	3.74e+05	1.26e+03	3.91e+02	1.65e+03	1.86e+05	3.43e+03	3.71e+05	5.60e+05
Benzene, 1-methyl-4 (1- methylethyl)- µg	7.14e+02	4.01e+01	7.55e+02	7.33e+01	1.36e+02	2.10e+02	1.77e+02	4.45e+00	4.42e+02	2.23e+04	7.51e+01	2.33e+01	9.83e+01	1.04e+03	2.04e+02	2.21e+04	2.33e+04
Benzene, ethyl- mg	7.54e+02	3.79e+01	7.92e+02	6.96e+01	1.29e+02	1.98e+02	2.18e+02	4.20e+00	4.17e+02	2.11e+04	7.09e+01	2.20e+01	9.29e+01	1.11e+03	1.93e+02	2.09e+04	2.22e+04
Benzene, pentamethyl-µg	5.36e+02	3.01e+01	5.66e+02	5.50e+01	1.02e+02	1.57e+02	1.33e+02	3.34e+00	3.31e+02	1.67e+04	5.63e+01	1.75e+01	7.38e+01	7.80e+02	1.53e+02	1.66e+04	1.75e+04
Benzenes, alkylated, unspecified mg	1.32e+02	1.97e+01	1.52e+02	2.60e+01	6.70e+01	9.31e+01	2.51e+01	2.19e+00	9.38e+01	4.72e+03	3.61e+01	1.14e+01	4.76e+01	2.19e+02	1.00e+02	4.69e+03	5.01e+03
Benzoic acid mg	7.26e+03	4.07e+02	7.66e+03	7.45e+02	1.38e+03	2.13e+03	1.80e+03	4.52e+01	4.48e+03	2.26e+05	7.62e+02	2.36e+02	9.98e+02	1.06e+04	2.07e+03	2.24e+05	2.37e+05
Beryllium mg	8.08e+01	6.23e+00	8.70e+01	1.01e+01	2.12e+01	3.13e+01	1.78e+01	6.91e-01	5.13e+01	2.58e+03	1.15e+01	3.61e+00	1.52e+01	1.20e+02	3.17e+01	2.57e+03	2.72e+03
Biphenyl µg	8.56e+03	1.28e+03	9.84e+03	1.69e+03	4.34e+03	6.03e+03	1.62e+03	1.42e+02	6.07e+03	3.05e+05	2.34e+03	7.41e+02	3.08e+03	1.42e+04	6.50e+03	3.04e+05	3.24e+05
BOD5, Biological Oxygen Demand mg	2.36e+07	7.36e+04	2.37e+07	1.24e+06	2.50e+05	1.49e+06	1.99e+07	8.16e+03	7.81e+05	5.90e+07	1.28e+05	4.27e+04	1.71e+05	4.49e+07	3.75e+05	3.91e+07	8.44e+07
Boron mg	2.40e+04	1.26e+03	2.52e+04	2.38e+03	4.28e+03	6.66e+03	7.16e+03	1.40e+02	1.39e+04	7.01e+05	2.36e+03	7.31e+02	3.09e+03	3.59e+04	6.41e+03	6.94e+05	7.36e+05
Bromide mg	1.53e+06	8.59e+04	1.62e+06	1.57e+05	2.92e+05	4.49e+05	3.80e+05	9.54e+03	9.47e+05	4.77e+07	1.61e+05	4.99e+04	2.11e+05	2.23e+06	4.38e+05	4.74e+07	5.00e+07
Cadmium, ion mg	7.49e+02	1.64e+01	7.65e+02	3.95e+01	5.57e+01	9.51e+01	2.09e+02	1.82e+00	1.53e+02	7.88e+03	1.23e+01	9.51e+00	2.18e+01	1.01e+03	8.34e+01	7.67e+03	8.76e+03
Calcium, ion mg	2.86e+07	1.29e+06	2.99e+07	2.45e+06	4.38e+06	6.83e+06	8.83e+06	1.43e+05	1.42e+07	7.19e+08	2.41e+06	7.48e+05	3.16e+06	4.23e+07	6.56e+06	7.10e+08	7.59e+08
Chloride mg	2.83e+08	1.45e+07	2.98e+08	2.72e+07	4.93e+07	7.64e+07	7.24e+07	1.61e+06	1.60e+08	8.06e+09	2.71e+07	8.41e+06	3.55e+07	4.10e+08	7.38e+07	7.98e+09	8.47e+09
Chromium mg	8.56e+03	9.60e+02	9.52e+03	1.20e+03	3.26e+03	4.46e+03	4.65e+02	1.07e+02	3.06e+03	1.54e+05	1.78e+03	5.57e+02	2.34e+03	1.20e+04	4.89e+03	1.53e+05	1.70e+05
Chromium VI µg	1.46e+05	4.04e+03	1.50e+05	1.79e+04	1.37e+04	3.16e+04	3.90e+03	4.48e+02	1.29e+04	6.49e+05	7.35e+03	2.34e+03	9.70e+03	1.75e+05	2.06e+04	6.44e+05	8.40e+05
Chromium, ion mg	3.20e+03	6.22e+01	3.26e+03	2.13e+02	2.12e+02	4.25e+02	8.50e+02	6.90e+00	1.79e+03	9.03e+04	1.24e+02	3.61e+01	1.60e+02	4.39e+03	3.17e+02	8.94e+04	9.41e+04
Cobalt mg	2.44e+02	8.89e+00	2.53e+02	2.42e+01	3.02e+01	5.44e+01	9.98e+01	9.86e-01	9.79e+01	5.00e+03	1.66e+01	5.16e+00	2.18e+01	3.85e+02	4.53e+01	4.90e+03	5.33e+03
COD, Chemical Oxygen Demand mg	8.13e+06	1.41e+05	8.27e+06	4.26e+05	4.78e+05	9.03e+05	8.10e+07	1.56e+04	1.35e+06	1.49e+08	2.73e+05	8.16e+04	3.54e+05	8.98e+07	7.15e+05	6.76e+07	1.58e+08

Continuação

	Product			Construction process			Use				End of life			Total effects			
	Manufacturing	Transport	Total	Construction-installation process	Transport	Total	Replacement manufacturing	Replacement transport	Operational energy use annual	Total	De-construction demolition	Transport	Total	Non-transport	Transport	Operational energy use	Total
Copper, ion mg	3.68e+03	1.15e+02	3.79e+03	3.05e+02	3.93e+02	6.98e+02	3.85e+03	1.28e+01	8.25e+02	4.51e+04	2.14e+02	6.70e+01	2.81e+02	8.05e+03	5.88e+02	4.13e+04	4.99e+04
Cyanide mg	6.39e+03	2.90e-02	6.39e+03	4.13e+02	9.84e-02	4.13e+02	1.28e+03	3.21e-03	3.19e-01	1.30e+03	5.42e-02	1.68e-02	7.10e-02	8.08e+03	1.47e-01	1.59e+01	8.10e+03
Decane mg	2.09e+02	1.17e+01	2.20e+02	2.14e+01	3.98e+01	6.12e+01	5.16e+01	1.30e+00	1.29e+02	6.49e+03	2.19e+01	6.79e+00	2.87e+01	3.03e+02	5.95e+01	6.44e+03	6.80e+03
Detergent, oil mg	8.59e+03	3.34e+02	8.92e+03	7.39e+02	1.14e+03	1.87e+03	1.73e+03	3.71e+01	4.20e+03	2.12e+05	6.29e+02	1.94e+02	8.23e+02	1.17e+04	1.70e+03	2.10e+05	2.23e+05
Dibenzofuran µg	1.36e+03	7.63e+01	1.44e+03	1.40e+02	2.59e+02	3.99e+02	3.37e+02	8.47e+00	8.40e+02	4.24e+04	1.43e+02	4.43e+01	1.87e+02	1.98e+03	3.88e+02	4.20e+04	4.44e+04
Dibenzothiophene µg	9.29e+02	3.94e+00	9.33e+02	4.56e+01	1.34e+01	5.90e+01	2.61e+02	4.37e-01	4.96e+02	2.51e+04	1.04e+01	2.29e+00	1.27e+01	1.25e+03	2.01e+01	2.48e+04	2.61e+04
Dissolved solids mg	3.56e+08	1.79e+07	3.74e+08	3.60e+07	6.08e+07	9.68e+07	5.95e+07	1.98e+06	1.97e+08	9.91e+09	3.35e+07	1.04e+07	4.38e+07	4.85e+08	9.10e+07	9.85e+09	1.04e+10
DOC, Dissolved Organic Carbon mg	-8.14e+07	0.00e+00	-8.14e+07	-4.07e+06	0.00e+00	-4.07e+06	7.29e+07	0.00e+00	0.00e+00	7.29e+07	3.22e+03	0.00e+00	3.22e+03	-1.26e+07	0.00e+00	0.00e+00	-1.26e+07
Docosane µg	7.65e+03	4.29e+02	8.08e+03	7.85e+02	1.46e+03	2.24e+03	1.90e+03	4.76e+01	4.73e+03	2.38e+05	8.04e+02	2.49e+02	1.05e+03	1.11e+04	2.19e+03	2.36e+05	2.50e+05
Dodecane mg	3.96e+02	2.22e+01	4.18e+02	4.06e+01	7.54e+01	1.16e+02	9.80e+01	2.46e+00	2.44e+02	1.23e+04	4.16e+01	1.29e+01	5.44e+01	5.76e+02	1.13e+02	1.22e+04	1.29e+04
Eicosane mg	1.09e+02	6.11e+00	1.15e+02	1.12e+01	2.08e+01	3.19e+01	2.70e+01	6.78e-01	6.73e+01	3.39e+03	1.14e+01	3.55e+00	1.50e+01	1.59e+02	3.11e+01	3.37e+03	3.55e+03
Fluorene, 1-methyl- µg	8.14e+02	4.57e+01	8.59e+02	8.35e+01	1.55e+02	2.39e+02	2.02e+02	5.07e+00	5.03e+02	2.54e+04	8.55e+01	2.65e+01	1.12e+02	1.18e+03	2.32e+02	2.52e+04	2.66e+04
Fluorenes, alkylated, unspecified µg	7.66e+03	1.14e+03	8.81e+03	1.51e+03	3.89e+03	5.39e+03	1.45e+03	1.27e+02	5.44e+03	2.73e+05	2.09e+03	6.63e+02	2.76e+03	1.27e+04	5.82e+03	2.72e+05	2.90e+05
Fluoride mg	6.89e+05	0.00e+00	6.89e+05	3.55e+04	0.00e+00	3.55e+04	1.72e+04	0.00e+00	0.00e+00	1.72e+04	6.70e-01	0.00e+00	6.70e-01	7.42e+05	0.00e+00	0.00e+00	7.42e+05
Fluorine µg	7.99e+03	5.63e+02	8.55e+03	9.52e+02	1.91e+03	2.86e+03	8.23e+02	6.24e+01	2.89e+03	1.45e+05	1.03e+03	3.27e+02	1.36e+03	1.08e+04	2.86e+03	1.45e+05	1.58e+05
Halogenated organics µg	1.64e-06	0.00e+00	1.64e-06	3.28e-08	0.00e+00	3.28e-08	1.12e-06	0.00e+00	0.00e+00	1.12e-06	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.79e-06	0.00e+00	0.00e+00	2.79e-06
Hexadecane mg	4.32e+02	2.42e+01	4.56e+02	4.43e+01	8.23e+01	1.27e+02	1.07e+02	2.69e+00	2.67e+02	1.34e+04	4.54e+01	1.41e+01	5.94e+01	6.28e+02	1.23e+02	1.33e+04	1.41e+04
Hexanoic acid mg	1.50e+03	8.43e+01	1.59e+03	1.54e+02	2.87e+02	4.41e+02	3.72e+02	9.35e+00	9.28e+02	4.68e+04	1.58e+02	4.89e+01	2.07e+02	2.19e+03	4.29e+02	4.64e+04	4.90e+04
Hydrocarbons, unspecified µg	3.16e+06	0.00e+00	3.16e+06	6.04e+04	0.00e+00	6.04e+04	1.40e+06	0.00e+00	0.00e+00	1.40e+06	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	4.62e+06	0.00e+00	0.00e+00	4.62e+06
Hydrogen sulfide mg	2.47e+01	0.00e+00	2.47e+01	1.63e-02	0.00e+00	1.63e-02	6.55e+03	0.00e+00	0.00e+00	6.55e+03	2.90e-01	0.00e+00	2.90e-01	6.58e+03	0.00e+00	0.00e+00	6.58e+03
Iron mg	1.93e+06	7.12e+04	2.00e+06	1.29e+05	2.42e+05	3.72e+05	1.52e+05	7.91e+03	4.19e+05	2.11e+07	2.03e+05	4.14e+04	2.44e+05	2.42e+06	3.63e+05	2.10e+07	2.38e+07
Lead mg	5.38e+03	2.36e+02	5.61e+03	4.31e+02	8.02e+02	1.23e+03	2.15e+04	2.62e+01	1.75e+03	1.09e+05	5.33e+02	1.37e+02	6.70e+02	2.78e+04	1.20e+03	8.75e+04	1.17e+05
Lead-210/kg µg	7.43e-04	4.16e-05	7.85e-04	7.63e-05	1.42e-04	2.18e-04	1.84e-04	4.62e-06	4.59e-04	2.32e-02	7.81e-05	2.42e-05	1.02e-04	1.08e-03	2.12e-04	2.30e-02	2.43e-02
Lithium, ion mg	6.03e+06	4.31e+02	6.03e+06	2.77e+05	1.46e+03	2.78e+05	1.69e+06	4.78e+01	3.37e+06	1.70e+08	2.30e+04	2.50e+02	2.33e+04	8.02e+06	2.19e+03	1.69e+08	1.77e+08
m-Xylene mg	2.17e+02	1.22e+01	2.29e+02	2.22e+01	4.13e+01	6.36e+01	5.37e+01	1.35e+00	1.34e+02	6.75e+03	2.28e+01	7.06e+00	2.98e+01	3.15e+02	6.19e+01	6.70e+03	7.07e+03
Magnesium mg	4.54e+06	2.52e+05	4.79e+06	4.66e+05	8.57e+05	1.32e+06	1.25e+06	2.80e+04	2.78e+06	1.40e+08	4.72e+05	1.46e+05	6.18e+05	6.73e+06	1.28e+06	1.39e+08	1.47e+08
Manganese mg	3.06e+04	4.01e+02	3.10e+04	1.84e+03	1.36e+03	3.20e+03	4.70e+04	4.46e+01	1.12e+04	6.07e+05	1.03e+03	2.33e+02	1.27e+03	8.05e+04	2.04e+03	5.60e+05	6.43e+05
Mercury µg	9.67e+03	3.94e+02	1.01e+04	1.02e+03	1.34e+03	2.36e+03	2.30e+05	4.37e+01	1.87e+03	3.24e+05	7.32e+02	2.29e+02	9.61e+02	2.42e+05	2.01e+03	9.37e+04	3.37e+05
Metallic ions, unspecified mg	4.97e+03	0.00e+00	4.97e+03	1.18e+02	0.00e+00	1.18e+02	1.74e+03	0.00e+00	0.00e+00	1.74e+03	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	6.83e+03	0.00e+00	0.00e+00	6.83e+03
Methane, monochloro-, R-40 µg	2.88e+02	1.61e+01	3.04e+02	2.95e+01	5.49e+01	8.44e+01	7.13e+01	1.79e+00	1.78e+02	8.97e+03	3.02e+01	9.37e+00	3.96e+01	4.19e+02	8.22e+01	8.89e+03	9.40e+03

Continuação

	Product			Construction process			Use				End of life			Total effects			
	Manufacturing	Transport	Total	Construction-installation process	Transport	Total	Replacement manufacturing	Replacement transport	Operational energy use annual	Total	De-construction demolition	Transport	Total	Non-transport	Transport	Operational energy use	Total
Methyl ethyl ketone µg	5.76e+02	3.23e+01	6.08e+02	5.91e+01	1.10e+02	1.69e+02	1.43e+02	3.58e+00	3.56e+02	1.79e+04	6.05e+01	1.87e+01	7.92e+01	8.38e+02	1.64e+02	1.78e+04	1.88e+04
Molybdenum mg	2.83e+02	9.22e+00	2.92e+02	2.39e+01	3.14e+01	5.52e+01	2.75e+02	1.02e+00	1.02e+02	5.36e+03	1.73e+01	5.35e+00	2.26e+01	6.00e+02	4.70e+01	5.08e+03	5.73e+03
n-Hexacosane µg	4.77e+03	2.68e+02	5.04e+03	4.90e+02	9.11e+02	1.40e+03	1.18e+03	2.97e+01	2.95e+03	1.49e+05	5.02e+02	1.55e+02	6.57e+02	6.95e+03	1.36e+03	1.48e+05	1.56e+05
Naphthalene mg	1.54e+02	7.31e+00	1.61e+02	1.50e+01	2.49e+01	3.99e+01	2.58e+01	8.11e-01	8.03e+01	4.04e+03	1.37e+01	4.24e+00	1.79e+01	2.08e+02	3.72e+01	4.02e+03	4.26e+03
Naphthalene, 2-methyl- mg	1.13e+02	6.35e+00	1.20e+02	1.16e+01	2.16e+01	3.32e+01	2.81e+01	7.05e-01	7.00e+01	3.53e+03	1.19e+01	3.69e+00	1.56e+01	1.65e+02	3.24e+01	3.50e+03	3.70e+03
Naphthalenes, alkylated, unspecified µg	2.17e+03	3.23e+02	2.49e+03	4.27e+02	1.10e+03	1.53e+03	4.11e+02	3.59e+01	1.54e+03	7.73e+04	5.92e+02	1.88e+02	7.79e+02	3.60e+03	1.65e+03	7.69e+04	8.21e+04
Nickel mg	2.72e+03	1.10e+02	2.83e+03	2.21e+02	3.75e+02	5.96e+02	7.15e+02	1.22e+01	9.01e+02	4.58e+04	1.46e+02	6.40e+01	2.11e+02	3.80e+03	5.61e+02	4.51e+04	4.94e+04
Nitrate mg	2.12e+06	0.00e+00	2.12e+06	2.07e+05	0.00e+00	2.07e+05	9.44e+04	0.00e+00	0.00e+00	9.44e+04	3.38e+00	0.00e+00	3.38e+00	2.42e+06	0.00e+00	0.00e+00	2.42e+06
Nitrate compounds mg	3.39e-04	0.00e+00	3.39e-04	1.71e-05	0.00e+00	1.71e-05	9.30e-08	0.00e+00	0.00e+00	9.30e-08	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	3.56e-04	0.00e+00	0.00e+00	3.56e-04
Nitric acid mg	1.47e-01	0.00e+00	1.47e-01	7.81e-03	0.00e+00	7.81e-03	2.09e-04	0.00e+00	0.00e+00	2.09e-04	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.55e-01	0.00e+00	0.00e+00	1.55e-01
Nitrogen mg	2.81e+05	0.00e+00	2.81e+05	1.03e+03	0.00e+00	1.03e+03	4.65e+05	0.00e+00	0.00e+00	4.65e+05	-1.16e+05	0.00e+00	-1.16e+05	6.31e+05	0.00e+00	0.00e+00	6.31e+05
Non-halogenated Organics µg	9.95e+06	0.00e+00	9.95e+06	4.98e+05	0.00e+00	4.98e+05	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.04e+07	0.00e+00	0.00e+00	1.04e+07
o-Cresol mg	2.06e+02	1.15e+01	2.17e+02	2.11e+01	3.92e+01	6.04e+01	5.10e+01	1.28e+00	1.27e+02	6.41e+03	2.16e+01	6.70e+00	2.83e+01	2.99e+02	5.88e+01	6.36e+03	6.72e+03
Octadecane mg	1.07e+02	5.98e+00	1.13e+02	1.09e+01	2.03e+01	3.13e+01	2.64e+01	6.64e-01	6.59e+01	3.32e+03	1.12e+01	3.47e+00	1.47e+01	1.55e+02	3.05e+01	3.30e+03	3.48e+03
Oils, unspecified mg	4.68e+05	9.32e+03	4.77e+05	1.99e+04	3.17e+04	5.16e+04	2.09e+05	1.03e+03	9.26e+04	4.84e+06	1.75e+04	5.41e+03	2.29e+04	7.14e+05	4.75e+04	4.63e+06	5.39e+06
Other mg	8.09e+04	0.00e+00	8.09e+04	4.05e+03	0.00e+00	4.05e+03	6.27e-01	0.00e+00	0.00e+00	6.27e-01	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	8.50e+04	0.00e+00	0.00e+00	8.50e+04
Other metals mg	4.39e+04	0.00e+00	4.39e+04	2.20e+03	0.00e+00	2.20e+03	3.37e-02	0.00e+00	0.00e+00	3.37e-02	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	4.61e+04	0.00e+00	0.00e+00	4.61e+04
p-Cresol mg	2.72e+02	1.25e+01	2.84e+02	2.53e+01	4.23e+01	6.76e+01	5.50e+01	1.38e+00	1.37e+02	6.92e+03	2.33e+01	7.23e+00	3.05e+01	3.75e+02	6.34e+01	6.86e+03	7.30e+03
PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons µg	1.90e+04	0.00e+00	1.90e+04	9.15e+01	0.00e+00	9.15e+01	1.21e+04	0.00e+00	0.00e+00	1.21e+04	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	3.11e+04	0.00e+00	0.00e+00	3.11e+04
Pentanone, methyl-mg	-3.20e+02	1.69e+00	-3.18e+02	-1.43e+01	5.73e+00	-8.55e+00	5.61e+00	1.87e-01	1.86e+01	9.35e+02	3.16e+00	9.79e-01	4.14e+00	-3.26e+02	8.58e+00	9.29e+02	6.12e+02
Phenanthrene µg	1.20e+03	1.14e+02	1.31e+03	1.71e+02	3.89e+02	5.60e+02	2.57e+02	1.27e+01	7.67e+02	3.86e+04	2.11e+02	6.64e+01	2.78e+02	1.83e+03	5.83e+02	3.84e+04	4.08e+04
Phenanthrenes, alkylated, unspecified µg	-3.30e+05	1.34e+02	-3.30e+05	-1.64e+04	4.56e+02	-1.59e+04	1.70e+02	1.49e+01	6.37e+02	3.21e+04	2.45e+02	7.78e+01	3.23e+02	-3.46e+05	6.82e+02	3.19e+04	-3.13e+05
Phenol µg	2.33e+06	1.79e+05	2.51e+06	2.73e+05	6.08e+05	8.80e+05	4.02e+05	1.98e+04	5.70e+05	2.89e+07	3.25e+05	1.04e+05	4.29e+05	3.33e+06	9.10e+05	2.85e+07	3.28e+07
Phenol, 2,4-dimethyl- mg	-2.88e+02	1.12e+01	-2.77e+02	-3.86e+00	3.82e+01	3.43e+01	4.96e+01	1.25e+00	1.24e+02	6.24e+03	2.10e+01	6.52e+00	2.76e+01	-2.21e+02	5.72e+01	6.19e+03	6.03e+03
Phenols, unspecified mg	3.20e+03	2.51e+01	3.23e+03	1.72e+02	8.53e+01	2.58e+02	7.51e+02	2.79e+00	1.48e+03	7.50e+04	5.50e+01	1.46e+01	6.96e+01	4.18e+03	1.28e+02	7.42e+04	7.85e+04
Phosphate mg	1.27e+05	0.00e+00	1.27e+05	8.16e+03	0.00e+00	8.16e+03	2.87e+03	0.00e+00	0.00e+00	2.87e+03	1.67e+02	0.00e+00	1.67e+02	1.39e+05	0.00e+00	0.00e+00	1.39e+05
Phosphorus mg	5.62e+03	0.00e+00	5.62e+03	1.76e+02	0.00e+00	1.76e+02	1.60e+03	0.00e+00	0.00e+00	1.60e+03	5.07e+02	0.00e+00	5.07e+02	7.90e+03	0.00e+00	0.00e+00	7.90e+03
Radioactive species, Nuclides, unspecified mg	7.01e+08	0.00e+00	7.01e+08	3.67e+07	0.00e+00	3.67e+07	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	7.38e+08	0.00e+00	0.00e+00	7.38e+08
Radium-226/kg µg	2.59e-01	1.45e-02	2.73e-01	2.65e-02	4.93e-02	7.58e-02	6.40e-02	1.61e-03	1.60e-01	8.05e+00	2.72e-02	8.42e-03	3.56e-02	3.76e-01	7.38e-02	7.99e+00	8.44e+00

Continuação

	Product			Construction process			Use				End of life			Total effects			
	Manufacturing	Transport	Total	Construction-installation process	Transport	Total	Replacement manufacturing	Replacement transport	Operational energy use annual	Total	De-construction demolition	Transport	Total	Non-transport	Transport	Operational energy use	Total
Radium-228/kg µg	1.32e-03	7.40e-05	1.40e-03	1.36e-04	2.52e-04	3.87e-04	3.27e-04	8.22e-06	8.17e-04	4.12e-02	1.39e-04	4.30e-05	1.82e-04	1.92e-03	3.77e-04	4.09e-02	4.32e-02
Selenium µg	5.21e+04	4.36e+03	5.64e+04	7.08e+03	1.48e+04	2.19e+04	5.21e+03	4.84e+02	2.09e+04	1.05e+06	7.98e+03	2.53e+03	1.05e+04	7.24e+04	2.22e+04	1.04e+06	1.14e+06
Silver mg	2.34e+04	8.43e+02	2.43e+04	1.96e+03	2.87e+03	4.83e+03	3.71e+03	9.35e+01	9.27e+03	4.67e+05	1.58e+03	4.89e+02	2.07e+03	3.07e+04	4.29e+03	4.63e+05	4.98e+05
Sodium, ion mg	7.49e+07	4.09e+06	7.90e+07	7.56e+06	1.39e+07	2.15e+07	1.87e+07	4.53e+05	4.50e+07	2.27e+09	7.65e+06	2.37e+06	1.00e+07	1.09e+08	2.08e+07	2.25e+09	2.38e+09
Solids, inorganic mg	1.06e+07	0.00e+00	1.06e+07	3.12e+05	0.00e+00	3.12e+05	2.95e+06	0.00e+00	0.00e+00	2.95e+06	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.39e+07	0.00e+00	0.00e+00	1.39e+07
Strontium mg	3.99e+05	2.19e+04	4.21e+05	4.03e+04	7.44e+04	1.15e+05	9.94e+04	2.43e+03	2.41e+05	1.21e+07	4.10e+04	1.27e+04	5.37e+04	5.80e+05	1.11e+05	1.20e+07	1.27e+07
Sulfate mg	2.98e+06	2.92e+04	3.00e+06	2.30e+05	9.91e+04	3.29e+05	3.77e+05	3.24e+03	3.24e+05	1.66e+07	5.46e+04	1.69e+04	7.16e+04	3.64e+06	1.48e+05	1.62e+07	2.00e+07
Sulfide mg	5.54e+03	2.07e+01	5.56e+03	6.26e+01	7.05e+01	1.33e+02	3.19e+03	2.30e+00	6.62e+01	6.50e+03	3.78e+01	1.20e+01	4.98e+01	8.83e+03	1.06e+02	3.31e+03	1.22e+04
Sulfur mg	2.10e+04	1.06e+03	2.21e+04	2.10e+03	3.61e+03	5.71e+03	5.02e+03	1.18e+02	1.17e+04	5.91e+05	1.99e+03	6.17e+02	2.61e+03	3.01e+04	5.41e+03	5.85e+05	6.21e+05
Sulfuric acid mg	4.45e+01	0.00e+00	4.45e+01	5.89e-05	0.00e+00	5.89e-05	2.97e+01	0.00e+00	0.00e+00	2.97e+01	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	7.42e+01	0.00e+00	0.00e+00	7.42e+01
Suspended solids, unspecified mg	9.69e+06	1.11e+06	1.08e+07	1.57e+06	3.76e+06	5.32e+06	1.80e+06	1.23e+05	5.64e+06	2.84e+08	2.03e+06	6.42e+05	2.67e+06	1.51e+07	5.63e+06	2.82e+08	3.03e+08
Tar mg	3.71e-06	0.00e+00	3.71e-06	1.97e-07	0.00e+00	1.97e-07	5.26e-09	0.00e+00	0.00e+00	5.26e-09	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	3.91e-06	0.00e+00	0.00e+00	3.91e-06
Tetradecane mg	1.73e+02	9.72e+00	1.83e+02	1.78e+01	3.31e+01	5.09e+01	4.29e+01	1.08e+00	1.07e+02	5.40e+03	1.82e+01	5.65e+00	2.39e+01	2.52e+02	4.95e+01	5.36e+03	5.66e+03
Thallium µg	3.37e+04	4.74e+03	3.84e+04	6.26e+03	1.61e+04	2.24e+04	7.32e+03	5.26e+02	2.26e+04	1.14e+06	8.67e+03	2.75e+03	1.14e+04	5.60e+04	2.41e+04	1.13e+06	1.21e+06
Tin mg	1.13e+03	9.02e+01	1.22e+03	1.49e+02	3.07e+02	4.56e+02	2.37e+02	1.00e+01	6.34e+02	3.19e+04	1.67e+02	5.24e+01	2.19e+02	1.69e+03	4.59e+02	3.17e+04	3.38e+04
Titanium, ion mg	3.64e+03	3.45e+02	3.99e+03	5.80e+02	1.17e+03	1.75e+03	5.01e+02	3.83e+01	1.64e+03	8.28e+04	6.32e+02	2.00e+02	8.33e+02	5.36e+03	1.76e+03	8.22e+04	8.93e+04
Toluene mg	1.19e+04	6.36e+02	1.26e+04	1.17e+03	2.16e+03	3.34e+03	3.07e+03	7.06e+01	7.01e+03	3.53e+05	1.19e+03	3.69e+02	1.56e+03	1.74e+04	3.24e+03	3.50e+05	3.71e+05
Vanadium mg	4.49e+02	1.09e+01	4.59e+02	4.33e+01	3.70e+01	8.03e+01	4.58e+01	1.21e+00	1.20e+02	6.05e+03	2.04e+01	6.32e+00	2.67e+01	5.58e+02	5.55e+01	6.00e+03	6.61e+03
Xylene mg	2.49e+03	3.33e+02	2.83e+03	4.21e+02	1.13e+03	1.55e+03	6.79e+02	3.70e+01	1.13e+03	5.73e+04	6.07e+02	1.93e+02	8.01e+02	4.20e+03	1.70e+03	5.66e+04	6.25e+04
Yttrium mg	4.82e+01	2.70e+00	5.09e+01	4.95e+00	9.19e+00	1.41e+01	1.19e+01	3.00e-01	2.98e+01	1.50e+03	5.06e+00	1.57e+00	6.63e+00	7.02e+01	1.38e+01	1.49e+03	1.57e+03
Zinc mg	1.77e+04	8.29e+02	1.86e+04	1.42e+03	2.82e+03	4.24e+03	1.18e+04	9.20e+01	4.19e+03	2.22e+05	2.37e+03	4.81e+02	2.85e+03	3.33e+04	4.22e+03	2.10e+05	2.47e+05

## II. Modelo A: quantificação das emissões para a atmosfera

	Product			Construction Process			Use				End of life			Total effects			
	Manufacturing	Transport	Total	Construction-installation process	Transport	Total	Replacement manufacturing	Replacement transport	Operational energy use annual	Total	De-construction demolition	Transport	Total	Non-transport	Transport	Operational energy use	Total
1,4-Butanediol g	4.20e-05	0.00e+00	4.20e-05	4.19e-06	0.00e+00	4.19e-06	1.57e-08	0.00e+00	0.00e+00	1.57e-08	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	4.62e-05	0.00e+00	0.00e+00	4.62e-05
1-Butanol g	9.66e-06	0.00e+00	9.66e-06	9.65e-07	0.00e+00	9.65e-07	2.67e-09	0.00e+00	0.00e+00	2.67e-09	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.06e-05	0.00e+00	0.00e+00	1.06e-05
1-Pentanol g	1.60e-05	0.00e+00	1.60e-05	1.58e-06	0.00e+00	1.58e-06	7.43e-08	0.00e+00	0.00e+00	7.43e-08	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.76e-05	0.00e+00	0.00e+00	1.76e-05
1-Pentene g	1.21e-05	0.00e+00	1.21e-05	1.20e-06	0.00e+00	1.20e-06	5.62e-08	0.00e+00	0.00e+00	5.62e-08	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.33e-05	0.00e+00	0.00e+00	1.33e-05
1-Propanol g	9.79e-05	0.00e+00	9.79e-05	9.71e-06	0.00e+00	9.71e-06	5.49e-07	0.00e+00	0.00e+00	5.49e-07	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.08e-04	0.00e+00	0.00e+00	1.08e-04
2-Butene, 2-methyl-g	2.68e-09	0.00e+00	2.68e-09	2.66e-10	0.00e+00	2.66e-10	1.25e-11	0.00e+00	0.00e+00	1.25e-11	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.95e-09	0.00e+00	0.00e+00	2.95e-09
2-Chloroacetophenone	1.70e-03	0.00e+00	1.70e-03	8.26e-05	0.00e+00	8.26e-05	4.26e-05	0.00e+00	1.06e-08	4.32e-05	2.81e-10	0.00e+00	2.81e-10	1.82e-03	0.00e+00	5.29e-07	1.82e-03
2-Methyl-1-propanol g	3.24e-05	0.00e+00	3.24e-05	3.22e-06	0.00e+00	3.22e-06	1.30e-07	0.00e+00	0.00e+00	1.30e-07	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	3.58e-05	0.00e+00	0.00e+00	3.58e-05
2-Propanol g	1.49e-03	0.00e+00	1.49e-03	1.49e-04	0.00e+00	1.49e-04	8.12e-07	0.00e+00	0.00e+00	8.12e-07	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.64e-03	0.00e+00	0.00e+00	1.64e-03
5-methyl Chrysene g	2.15e-05	0.00e+00	2.15e-05	1.38e-06	0.00e+00	1.38e-06	4.46e-06	0.00e+00	1.30e-05	6.56e-04	5.44e-07	0.00e+00	5.44e-07	2.78e-05	0.00e+00	6.52e-04	6.80e-04
Acenaphthene g	4.98e-04	0.00e+00	4.98e-04	3.19e-05	0.00e+00	3.19e-05	1.03e-04	0.00e+00	3.02e-04	1.52e-02	1.26e-05	0.00e+00	1.26e-05	6.45e-04	0.00e+00	1.51e-02	1.58e-02
Acenaphthylene g	2.44e-04	0.00e+00	2.44e-04	1.57e-05	0.00e+00	1.57e-05	5.07e-05	0.00e+00	1.48e-04	7.46e-03	6.18e-06	0.00e+00	6.18e-06	3.17e-04	0.00e+00	7.41e-03	7.72e-03
Acetaldehyde g	4.64e+02	0.00e+00	4.64e+02	2.49e+01	0.00e+00	2.49e+01	3.36e-02	0.00e+00	8.61e-07	3.37e-02	2.71e+00	0.00e+00	2.71e+00	4.92e+02	0.00e+00	4.30e-05	4.92e+02
Acetic acid g	6.98e+00	0.00e+00	6.98e+00	6.96e-01	0.00e+00	6.96e-01	1.03e-02	0.00e+00	0.00e+00	1.03e-02	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	7.68e+00	0.00e+00	0.00e+00	7.68e+00
Acetone g	7.64e-01	0.00e+00	7.64e-01	7.51e-02	0.00e+00	7.51e-02	4.50e-04	0.00e+00	0.00e+00	4.50e-04	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	8.39e-01	0.00e+00	0.00e+00	8.39e-01
Acetophenone g	3.64e-03	0.00e+00	3.64e-03	1.77e-04	0.00e+00	1.77e-04	9.14e-05	0.00e+00	2.27e-08	9.25e-05	6.03e-10	0.00e+00	6.03e-10	3.91e-03	0.00e+00	1.13e-06	3.91e-03
Acid Gases g	6.72e-04	0.00e+00	6.72e-04	3.36e-05	0.00e+00	3.36e-05	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	7.05e-04	0.00e+00	0.00e+00	7.05e-04
Acrolein g	2.18e+02	0.00e+00	2.18e+02	1.11e+01	0.00e+00	1.11e+01	5.88e-01	0.00e+00	1.72e-01	9.18e+00	3.34e-01	0.00e+00	3.34e-01	2.30e+02	0.00e+00	8.59e+00	2.39e+02
Acrylic acid g	2.33e-08	0.00e+00	2.33e-08	2.01e-09	0.00e+00	2.01e-09	2.10e-09	0.00e+00	0.00e+00	2.10e-09	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.74e-08	0.00e+00	0.00e+00	2.74e-08
Aldehydes g	5.65e+00	0.00e+00	5.65e+00	1.44e-01	0.00e+00	1.44e-01	1.85e+00	0.00e+00	6.55e-03	2.18e+00	2.73e-04	0.00e+00	2.73e-04	7.64e+00	0.00e+00	3.27e-01	7.97e+00
alpha-Pinene g	3.57e-01	0.00e+00	3.57e-01	1.78e-02	0.00e+00	1.78e-02	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	3.75e-01	0.00e+00	0.00e+00	3.75e-01
Ammonia g	1.21e+03	2.29e+00	1.21e+03	6.15e+01	7.79e+00	6.93e+01	6.70e+01	2.54e-01	7.83e+00	4.59e+02	4.20e+00	1.33e+00	5.53e+00	1.34e+03	1.17e+01	3.91e+02	1.74e+03
Ammonium chloride g	2.14e+00	0.00e+00	2.14e+00	1.49e-01	0.00e+00	1.49e-01	5.91e-01	0.00e+00	1.78e+00	8.97e+01	7.43e-02	0.00e+00	7.43e-02	2.96e+00	0.00e+00	8.91e+01	9.20e+01
Anthracene g	2.74e-04	0.00e+00	2.74e-04	1.66e-05	0.00e+00	1.66e-05	4.26e-05	0.00e+00	1.24e-04	6.26e-03	5.19e-06	0.00e+00	5.19e-06	3.38e-04	0.00e+00	6.22e-03	6.56e-03
Antimony g	2.26e-01	0.00e+00	2.26e-01	1.53e-02	0.00e+00	1.53e-02	4.79e-03	0.00e+00	1.07e-02	5.38e-01	4.45e-04	0.00e+00	4.45e-04	2.47e-01	0.00e+00	5.33e-01	7.80e-01
Arsenic g	8.08e-01	0.00e+00	8.08e-01	4.84e-02	0.00e+00	4.84e-02	8.86e-02	0.00e+00	2.74e-01	1.38e+01	1.13e-02	0.00e+00	1.13e-02	9.57e-01	0.00e+00	1.37e+01	1.47e+01
Benzene g	1.53e+02	0.00e+00	1.53e+02	9.82e+00	0.00e+00	9.82e+00	1.67e+00	0.00e+00	8.03e-01	4.18e+01	3.33e+00	0.00e+00	3.33e+00	1.68e+02	0.00e+00	4.02e+01	2.08e+02
Benzene, 1,2-dichloro- g	1.25e-04	0.00e+00	1.25e-04	1.25e-05	0.00e+00	1.25e-05	1.41e-07	0.00e+00	0.00e+00	1.41e-07	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.37e-04	0.00e+00	0.00e+00	1.37e-04
Benzene, chloro- g	5.30e-03	0.00e+00	5.30e-03	2.58e-04	0.00e+00	2.58e-04	1.34e-04	0.00e+00	3.32e-08	1.36e-04	8.84e-10	0.00e+00	8.84e-10	5.69e-03	0.00e+00	1.66e-06	5.70e-03
Benzene, ethyl- g	9.51e-02	0.00e+00	9.51e-02	1.69e-03	0.00e+00	1.69e-03	4.44e-02	0.00e+00	1.42e-07	4.44e-02	3.78e-09	0.00e+00	3.78e-09	1.41e-01	0.00e+00	7.10e-06	1.41e-01
Benzo(a)anthracene g	1.13e-04	0.00e+00	1.13e-04	6.73e-06	0.00e+00	6.73e-06	1.62e-05	0.00e+00	4.74e-05	2.39e-03	1.98e-06	0.00e+00	1.98e-06	1.38e-04	0.00e+00	2.37e-03	2.51e-03

Continuação

	Product			Construction Process			Use				End of life			Total effects			
	Manufacturing	Transport	Total	Construction- installation process	Transport	Total	Replacement manufacturing	Replacement transport	Operational energy use annual	Total	De- construction demolition	Transport	Total	Non- transport	Transport	Operational energy use	Total
Benzo(a)pyrene g	2.54e-02	0.00e+00	2.54e-02	2.53e-03	0.00e+00	2.53e-03	7.70e-06	0.00e+00	2.25e-05	1.13e-03	9.39e-07	0.00e+00	9.39e-07	2.79e-02	0.00e+00	1.13e-03	2.91e-02
Benzo(b,j,k)fluoranthene g	1.69e-04	0.00e+00	1.69e-04	9.96e-06	0.00e+00	9.96e-06	2.23e-05	0.00e+00	6.52e-05	3.28e-03	2.72e-06	0.00e+00	2.72e-06	2.04e-04	0.00e+00	3.26e-03	3.46e-03
Benzo(ghi)perylene g	5.72e-05	0.00e+00	5.72e-05	3.23e-06	0.00e+00	3.23e-06	5.47e-06	0.00e+00	1.60e-05	8.05e-04	6.67e-07	0.00e+00	6.67e-07	6.65e-05	0.00e+00	8.00e-04	8.67e-04
Benzyl chloride g	1.70e-01	0.00e+00	1.70e-01	8.26e-03	0.00e+00	8.26e-03	4.26e-03	0.00e+00	1.06e-06	4.32e-03	2.81e-08	0.00e+00	2.81e-08	1.82e-01	0.00e+00	5.29e-05	1.82e-01
Beryllium g	3.80e-02	0.00e+00	3.80e-02	2.18e-03	0.00e+00	2.18e-03	4.83e-03	0.00e+00	3.15e-02	1.58e+00	1.29e-03	0.00e+00	1.29e-03	4.63e-02	0.00e+00	1.58e+00	1.62e+00
Bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6- dimethyl-2-methylene- g	1.38e-01	0.00e+00	1.38e-01	6.92e-03	0.00e+00	6.92e-03	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.45e-01	0.00e+00	0.00e+00	1.45e-01
Biphenyl g	1.66e-03	0.00e+00	1.66e-03	1.06e-04	0.00e+00	1.06e-04	3.45e-04	0.00e+00	1.01e-03	5.07e-02	4.20e-05	0.00e+00	4.20e-05	2.16e-03	0.00e+00	5.04e-02	5.25e-02
Bromoform g	9.47e-03	0.00e+00	9.47e-03	4.60e-04	0.00e+00	4.60e-04	2.38e-04	0.00e+00	5.89e-08	2.41e-04	1.57e-09	0.00e+00	1.57e-09	1.02e-02	0.00e+00	2.94e-06	1.02e-02
BTEX (Benzene, Toluene, Ethylbenzene, and Xylene), g	5.61e+01	0.00e+00	5.61e+01	8.52e-01	0.00e+00	8.52e-01	2.61e+01	0.00e+00	0.00e+00	2.61e+01	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	8.30e+01	0.00e+00	0.00e+00	8.30e+01
Butadiene g	1.94e-03	0.00e+00	1.94e-03	8.26e-02	0.00e+00	8.26e-02	1.34e-03	0.00e+00	0.00e+00	1.34e-03	1.38e-01	0.00e+00	1.38e-01	2.24e-01	0.00e+00	0.00e+00	2.24e-01
Butane g	3.72e+00	0.00e+00	3.72e+00	1.89e-02	0.00e+00	1.89e-02	2.35e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.35e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	6.09e+00	0.00e+00	0.00e+00	6.09e+00
Butyrolactone g	1.39e-10	0.00e+00	1.39e-10	1.20e-11	0.00e+00	1.20e-11	1.26e-11	0.00e+00	0.00e+00	1.26e-11	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.64e-10	0.00e+00	0.00e+00	1.64e-10
Cadmium g	3.22e-01	0.00e+00	3.22e-01	1.05e-02	0.00e+00	1.05e-02	1.99e-02	0.00e+00	6.69e-02	3.37e+00	-4.58e-02	0.00e+00	-4.58e-02	3.06e-01	0.00e+00	3.35e+00	3.65e+00
Carbon dioxide, biogenic kg	2.57e+03	0.00e+00	2.57e+03	1.30e+02	0.00e+00	1.30e+02	4.23e+01	0.00e+00	0.00e+00	4.23e+01	4.39e-04	0.00e+00	4.39e-04	2.74e+03	0.00e+00	0.00e+00	2.74e+03
Carbon dioxide, biogenic, landfill kg	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	-5.11e+03	0.00e+00	-5.11e+03	-5.11e+03	0.00e+00	0.00e+00	-5.11e+03
Carbon dioxide, fossil kg	2.23e+04	3.69e+02	2.27e+04	1.51e+03	1.26e+03	2.77e+03	2.29e+03	4.10e+01	5.66e+03	2.85e+05	-5.96e+02	2.15e+02	-3.82e+02	2.55e+04	1.88e+03	2.83e+05	3.10e+05
Carbon dioxide, land transformation g	1.39e+00	0.00e+00	1.39e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	9.24e-01	0.00e+00	0.00e+00	9.24e-01	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.31e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.31e+00
Carbon disulfide g	4.30e-02	0.00e+00	4.30e-02	2.38e-03	0.00e+00	2.38e-03	2.78e-03	0.00e+00	1.96e-07	2.79e-03	5.23e-09	0.00e+00	5.23e-09	4.82e-02	0.00e+00	9.82e-06	4.82e-02
Carbon monoxide g	5.73e+04	0.00e+00	5.73e+04	2.10e+03	0.00e+00	2.10e+03	3.20e+03	0.00e+00	4.42e-01	3.22e+03	-2.15e+04	0.00e+00	-2.15e+04	4.11e+04	0.00e+00	2.21e+01	4.11e+04
Carbon monoxide, fossil g	9.40e+03	2.04e+03	1.14e+04	3.70e+03	6.93e+03	1.06e+04	1.59e+03	2.27e+02	6.49e+03	3.26e+05	5.67e+03	1.18e+03	6.85e+03	2.04e+04	1.04e+04	3.24e+05	3.55e+05
Chloride g	1.97e-01	0.00e+00	1.97e-01	9.83e-03	0.00e+00	9.83e-03	3.27e-10	0.00e+00	0.00e+00	3.27e-10	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.06e-01	0.00e+00	0.00e+00	2.06e-01
Chlorine g	1.31e+01	0.00e+00	1.31e+01	5.29e-01	0.00e+00	5.29e-01	1.88e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.88e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.55e+01	0.00e+00	0.00e+00	1.55e+01
Chloroform g	1.44e-02	0.00e+00	1.44e-02	7.05e-04	0.00e+00	7.05e-04	3.61e-04	0.00e+00	8.91e-08	3.65e-04	2.37e-09	0.00e+00	2.37e-09	1.54e-02	0.00e+00	4.45e-06	1.54e-02
Chromium g	1.47e+00	0.00e+00	1.47e+00	4.57e-02	0.00e+00	4.57e-02	6.87e-02	0.00e+00	1.96e-01	9.89e+00	1.47e-01	0.00e+00	1.47e-01	1.73e+00	0.00e+00	9.82e+00	1.15e+01
Chromium VI g	7.73e-02	0.00e+00	7.73e-02	4.95e-03	0.00e+00	4.95e-03	1.60e-02	0.00e+00	4.68e-02	2.36e+00	1.95e-03	0.00e+00	1.95e-03	1.00e-01	0.00e+00	2.34e+00	2.44e+00
Chrysene g	1.82e-04	0.00e+00	1.82e-04	1.05e-05	0.00e+00	1.05e-05	2.03e-05	0.00e+00	5.93e-05	2.98e-03	2.47e-06	0.00e+00	2.47e-06	2.16e-04	0.00e+00	2.96e-03	3.18e-03
Cobalt g	2.56e+02	0.00e+00	2.56e+02	1.28e+01	0.00e+00	1.28e+01	2.65e-02	0.00e+00	7.42e-02	3.74e+00	3.03e-03	0.00e+00	3.03e-03	2.68e+02	0.00e+00	3.71e+00	2.72e+02
Copper g	6.51e-02	0.00e+00	6.51e-02	2.38e-03	0.00e+00	2.38e-03	1.88e-02	0.00e+00	3.76e-02	1.90e+00	1.54e-03	0.00e+00	1.54e-03	8.78e-02	0.00e+00	1.88e+00	1.97e+00
Cumene g	9.77e+01	0.00e+00	9.77e+01	4.88e+00	0.00e+00	4.88e+00	3.86e-02	0.00e+00	8.00e-09	3.86e-02	2.13e-10	0.00e+00	2.13e-10	1.03e+02	0.00e+00	4.00e-07	1.03e+02

Continuação

	Product			Construction Process			Use				End of life			Total effects			
	Manufacturing	Transport	Total	Construction-installation process	Transport	Total	Replacement manufacturing	Replacement transport	Operational energy use annual	Total	De-construction demolition	Transport	Total	Non-transport	Transport	Operational energy use	Total
Cyanide g	2.31e+00	0.00e+00	2.31e+00	1.98e-01	0.00e+00	1.98e-01	2.34e-02	0.00e+00	3.78e-06	2.35e-02	1.30e-07	0.00e+00	1.30e-07	2.54e+00	0.00e+00	1.89e-04	2.54e+00
D-limonene g	4.01e-02	0.00e+00	4.01e-02	2.00e-03	0.00e+00	2.00e-03	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	4.21e-02	0.00e+00	0.00e+00	4.21e-02
Diisocyanates g	5.63e-01	0.00e+00	5.63e-01	2.82e-02	0.00e+00	2.82e-02	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	5.91e-01	0.00e+00	0.00e+00	5.91e-01
Dimethyl ether g	7.35e-01	0.00e+00	7.35e-01	3.67e-02	0.00e+00	3.67e-02	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	7.72e-01	0.00e+00	0.00e+00	7.72e-01
Dinitrogen monoxide g	2.80e+02	9.15e+00	2.89e+02	1.64e+01	3.13e+01	4.78e+01	8.56e+00	1.01e+00	5.66e+00	2.93e+02	2.39e-01	5.35e+00	5.59e+00	3.05e+02	4.69e+01	2.83e+02	6.35e+02
Dioxins, unspecified g	4.68e-03	0.00e+00	4.68e-03	2.33e-04	0.00e+00	2.33e-04	3.41e-06	0.00e+00	0.00e+00	3.41e-06	1.01e-05	0.00e+00	1.01e-05	4.92e-03	0.00e+00	0.00e+00	4.92e-03
Dipropylthiocarbamic acid S-ethyl ester g	4.45e-05	0.00e+00	4.45e-05	2.24e-06	0.00e+00	2.24e-06	3.90e-07	0.00e+00	0.00e+00	3.90e-07	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	4.71e-05	0.00e+00	0.00e+00	4.71e-05
Ethane g	1.65e+01	0.00e+00	1.65e+01	2.13e-01	0.00e+00	2.13e-01	9.57e+00	0.00e+00	0.00e+00	9.57e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.63e+01	0.00e+00	0.00e+00	2.63e+01
Ethane, 1,1,1,2-tetrafluoro-, HFC-134a g	1.45e-02	0.00e+00	1.45e-02	2.71e-04	0.00e+00	2.71e-04	7.53e-03	0.00e+00	0.00e+00	7.53e-03	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.23e-02	0.00e+00	0.00e+00	2.23e-02
Ethane, 1,1,1-trichloro-, HCFC-140 g	4.86e-03	1.06e-05	4.87e-03	2.47e-04	3.62e-05	2.83e-04	1.27e-04	1.18e-06	3.38e-05	1.82e-03	1.93e-05	6.18e-06	2.55e-05	5.25e-03	5.42e-05	1.69e-03	7.00e-03
Ethane, 1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoro-, CFC-113 g	1.10e-09	0.00e+00	1.10e-09	9.54e-11	0.00e+00	9.54e-11	9.96e-11	0.00e+00	0.00e+00	9.96e-11	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.30e-09	0.00e+00	0.00e+00	1.30e-09
Ethane, 1,1-difluoro-, HFC-152a g	1.68e-08	0.00e+00	1.68e-08	1.52e-09	0.00e+00	1.52e-09	1.05e-09	0.00e+00	0.00e+00	1.05e-09	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.94e-08	0.00e+00	0.00e+00	1.94e-08
Ethane, 1,2-dibromo- g	3.38e-04	0.00e+00	3.38e-04	1.65e-05	0.00e+00	1.65e-05	7.31e-06	0.00e+00	1.81e-09	7.40e-06	4.82e-11	0.00e+00	4.82e-11	3.62e-04	0.00e+00	9.06e-08	3.62e-04
Ethane, 1,2-dichloro-g	6.71e-01	0.00e+00	6.71e-01	6.66e-02	0.00e+00	6.66e-02	3.57e-04	0.00e+00	6.04e-08	3.60e-04	1.61e-09	0.00e+00	1.61e-09	7.38e-01	0.00e+00	3.02e-06	7.38e-01
Ethane, 1,2-dichloro-1,1,2,2-tetrafluoro-, CFC-114 g	3.61e-05	0.00e+00	3.61e-05	1.11e-06	0.00e+00	1.11e-06	1.67e-05	0.00e+00	0.00e+00	1.67e-05	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	5.38e-05	0.00e+00	0.00e+00	5.38e-05
Ethane, chloro- g	1.01e-02	0.00e+00	1.01e-02	4.92e-04	0.00e+00	4.92e-04	2.56e-04	0.00e+00	6.34e-08	2.59e-04	1.69e-09	0.00e+00	1.69e-09	1.09e-02	0.00e+00	3.17e-06	1.09e-02
Ethane, hexafluoro-, HFC- 116 g	4.33e-05	0.00e+00	4.33e-05	8.00e-07	0.00e+00	8.00e-07	2.35e-05	0.00e+00	0.00e+00	2.35e-05	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	6.76e-05	0.00e+00	0.00e+00	6.76e-05
Ethanol g	2.32e-02	0.00e+00	2.32e-02	2.23e-03	0.00e+00	2.23e-03	6.25e-04	0.00e+00	0.00e+00	6.25e-04	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.61e-02	0.00e+00	0.00e+00	2.61e-02
Ethene g	2.29e+00	0.00e+00	2.29e+00	2.16e-01	0.00e+00	2.16e-01	8.64e-02	0.00e+00	0.00e+00	8.64e-02	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.59e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.59e+00
Ethene, chloro- g	8.86e+00	0.00e+00	8.86e+00	1.39e-05	0.00e+00	1.39e-05	5.91e+00	0.00e+00	0.00e+00	5.91e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.48e+01	0.00e+00	0.00e+00	1.48e+01
Ethene, tetrachloro-g	4.40e-02	0.00e+00	4.40e-02	2.79e-03	0.00e+00	2.79e-03	8.85e-03	0.00e+00	2.91e-02	1.46e+00	1.21e-03	0.00e+00	1.21e-03	5.68e-02	0.00e+00	1.45e+00	1.51e+00
Ethene, trichloro- g	3.93e-05	0.00e+00	3.93e-05	4.44e-11	0.00e+00	4.44e-11	2.62e-05	0.00e+00	0.00e+00	2.62e-05	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	6.55e-05	0.00e+00	0.00e+00	6.55e-05



Continuação

	Product			Construction Process			Use				End of life			Total effects			
	Manufacturing	Transport	Total	Construction-installation process	Transport	Total	Replacement manufacturing	Replacement transport	Operational energy use annual	Total	De-construction demolition	Transport	Total	Non-transport	Transport	Operational energy use	Total
Ethyl acetate g	1.28e-04	0.00e+00	1.28e-04	1.22e-05	0.00e+00	1.22e-05	3.91e-06	0.00e+00	0.00e+00	3.91e-06	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.44e-04	0.00e+00	0.00e+00	1.44e-04
Ethylamine g	1.33e-03	0.00e+00	1.33e-03	1.33e-04	0.00e+00	1.33e-04	6.71e-08	0.00e+00	0.00e+00	6.71e-08	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.47e-03	0.00e+00	0.00e+00	1.47e-03
Ethylene oxide g	1.87e-04	0.00e+00	1.87e-04	1.43e-05	0.00e+00	1.43e-05	2.91e-05	0.00e+00	0.00e+00	2.91e-05	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.30e-04	0.00e+00	0.00e+00	2.30e-04
Ethyne g	3.51e-01	0.00e+00	3.51e-01	3.51e-02	0.00e+00	3.51e-02	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	3.87e-01	0.00e+00	0.00e+00	3.87e-01
Fluoranthene g	9.17e-04	0.00e+00	9.17e-04	5.56e-05	0.00e+00	5.56e-05	1.44e-04	0.00e+00	4.21e-04	2.12e-02	1.75e-05	0.00e+00	1.75e-05	1.13e-03	0.00e+00	2.10e-02	2.22e-02
Fluorene g	6.25e-03	0.00e+00	6.25e-03	3.95e-04	0.00e+00	3.95e-04	1.25e-03	0.00e+00	5.39e-04	2.82e-02	2.25e-05	0.00e+00	2.25e-05	7.92e-03	0.00e+00	2.70e-02	3.49e-02
Fluoride g	1.11e+01	0.00e+00	1.11e+01	5.42e-01	0.00e+00	5.42e-01	2.86e-01	0.00e+00	4.01e-02	2.29e+00	1.67e-03	0.00e+00	1.67e-03	1.19e+01	0.00e+00	2.00e+00	1.39e+01
Formaldehyde g	4.62e+02	0.00e+00	4.62e+02	2.57e+01	0.00e+00	2.57e+01	1.50e+00	0.00e+00	1.38e+00	7.02e+01	4.19e+00	0.00e+00	4.19e+00	4.94e+02	0.00e+00	6.88e+01	5.62e+02
Formic acid g	1.04e+00	0.00e+00	1.04e+00	1.04e-01	0.00e+00	1.04e-01	5.30e-04	0.00e+00	0.00e+00	5.30e-04	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.14e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.14e+00
Furan g	2.96e-01	0.00e+00	2.96e-01	2.95e-02	0.00e+00	2.95e-02	1.51e-04	0.00e+00	2.96e-06	3.00e-04	1.24e-07	0.00e+00	1.24e-07	3.25e-01	0.00e+00	1.48e-04	3.25e-01
Heptane g	6.97e-01	0.00e+00	6.97e-01	4.76e-03	0.00e+00	4.76e-03	4.33e-01	0.00e+00	0.00e+00	4.33e-01	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.13e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.13e+00
Hexane g	8.47e+00	0.00e+00	8.47e+00	6.74e-01	0.00e+00	6.74e-01	9.21e-01	0.00e+00	1.01e-07	9.21e-01	2.69e-09	0.00e+00	2.69e-09	1.01e+01	0.00e+00	5.06e-06	1.01e+01
Hydrazine, methyl-g	4.10e-02	0.00e+00	4.10e-02	1.99e-03	0.00e+00	1.99e-03	1.04e-03	0.00e+00	2.57e-07	1.05e-03	6.83e-09	0.00e+00	6.83e-09	4.40e-02	0.00e+00	1.28e-05	4.40e-02
Hydrocarbons, unspecified g	9.36e+03	0.00e+00	9.36e+03	4.68e+02	0.00e+00	4.68e+02	1.33e+01	0.00e+00	1.03e+01	5.27e+02	4.29e-01	0.00e+00	4.29e-01	9.84e+03	0.00e+00	5.14e+02	1.04e+04
Hydrogen chloride g	1.60e+03	0.00e+00	1.60e+03	8.45e+01	0.00e+00	8.45e+01	2.80e+02	0.00e+00	7.44e+02	3.75e+04	1.11e+00	0.00e+00	1.11e+00	1.97e+03	0.00e+00	3.72e+04	3.92e+04
Hydrogen fluoride g	1.51e+02	0.00e+00	1.51e+02	9.03e+00	0.00e+00	9.03e+00	3.84e+01	0.00e+00	8.89e+01	4.48e+03	3.71e+00	0.00e+00	3.71e+00	2.02e+02	0.00e+00	4.44e+03	4.65e+03
Hydrogen sulfide g	3.81e+02	0.00e+00	3.81e+02	-1.10e+00	0.00e+00	-1.10e+00	1.54e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.54e+00	-3.54e+02	0.00e+00	-3.54e+02	2.69e+01	0.00e+00	0.00e+00	2.69e+01
Indeno(1,2,3-cd)pyrene g	5.95e-05	0.00e+00	5.95e-05	3.81e-06	0.00e+00	3.81e-06	1.24e-05	0.00e+00	3.61e-05	1.82e-03	1.51e-06	0.00e+00	1.51e-06	7.72e-05	0.00e+00	1.81e-03	1.88e-03
Isophorone g	1.41e-01	0.00e+00	1.41e-01	6.84e-03	0.00e+00	6.84e-03	3.53e-03	0.00e+00	8.76e-07	3.58e-03	2.33e-08	0.00e+00	2.33e-08	1.51e-01	0.00e+00	4.38e-05	1.51e-01
Isoprene g	7.57e+00	0.00e+00	7.57e+00	4.02e-01	0.00e+00	4.02e-01	1.07e-02	0.00e+00	0.00e+00	1.07e-02	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	7.98e+00	0.00e+00	0.00e+00	7.98e+00
Isopropylamine g	1.31e-03	0.00e+00	1.31e-03	1.31e-04	0.00e+00	1.31e-04	8.53e-10	0.00e+00	0.00e+00	8.53e-10	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.45e-03	0.00e+00	0.00e+00	1.45e-03
Kerosene g	1.03e+00	0.00e+00	1.03e+00	7.14e-02	0.00e+00	7.14e-02	2.84e-01	0.00e+00	8.53e-01	4.29e+01	3.56e-02	0.00e+00	3.56e-02	1.42e+00	0.00e+00	4.27e+01	4.41e+01
Lead g	5.50e+00	0.00e+00	5.50e+00	1.05e-01	0.00e+00	1.05e-01	1.26e-01	0.00e+00	3.16e-01	1.59e+01	-1.71e+00	0.00e+00	-1.71e+00	4.02e+00	0.00e+00	1.58e+01	1.98e+01
m-Xylene g	8.76e-03	0.00e+00	8.76e-03	5.57e-04	0.00e+00	5.57e-04	2.13e-03	0.00e+00	0.00e+00	2.13e-03	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.14e-02	0.00e+00	0.00e+00	1.14e-02
Magnesium g	1.08e+01	0.00e+00	1.08e+01	6.94e-01	0.00e+00	6.94e-01	2.24e+00	0.00e+00	6.52e+00	3.28e+02	2.72e-01	0.00e+00	2.72e-01	1.40e+01	0.00e+00	3.26e+02	3.40e+02
Manganese g	2.15e+01	0.00e+00	2.15e+01	1.09e+00	0.00e+00	1.09e+00	3.42e-01	0.00e+00	3.41e-01	1.74e+01	1.40e-02	0.00e+00	1.40e-02	2.29e+01	0.00e+00	1.70e+01	4.00e+01
Mercaptans, unspecified g	5.30e+01	0.00e+00	5.30e+01	2.57e+00	0.00e+00	2.57e+00	1.32e+00	0.00e+00	3.28e-04	1.34e+00	8.72e-06	0.00e+00	8.72e-06	5.69e+01	0.00e+00	1.64e-02	5.69e+01
Mercury g	7.95e-01	0.00e+00	7.95e-01	3.20e-02	0.00e+00	3.20e-02	5.19e-02	0.00e+00	7.23e-02	3.67e+00	1.22e-02	0.00e+00	1.22e-02	8.91e-01	0.00e+00	3.61e+00	4.50e+00
Metals, unspecified g	5.66e+02	0.00e+00	5.66e+02	2.86e+01	0.00e+00	2.86e+01	5.64e+00	0.00e+00	0.00e+00	5.64e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	6.01e+02	0.00e+00	0.00e+00	6.01e+02
Methacrylic acid g	4.48e-06	0.00e+00	4.48e-06	2.24e-07	0.00e+00	2.24e-07	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	4.70e-06	0.00e+00	0.00e+00	4.70e-06
Methacrylic acid, methyl ester g	4.84e-03	0.00e+00	4.84e-03	2.35e-04	0.00e+00	2.35e-04	1.22e-04	0.00e+00	3.02e-08	1.23e-04	8.04e-10	0.00e+00	8.04e-10	5.19e-03	0.00e+00	1.51e-06	5.19e-03
Methane g	4.70e+04	0.00e+00	4.70e+04	1.59e+03	0.00e+00	1.59e+03	8.42e+03	0.00e+00	1.34e+04	6.78e+05	-3.83e+03	0.00e+00	-3.83e+03	5.32e+04	0.00e+00	6.70e+05	7.23e+05

Continuação

	Product			Construction Process			Use				End of life			Total effects			
	Manufacturing	Transport	Total	Construction- installation process	Transport	Total	Replacement manufacturing	Replacement transport	Operational energy use annual	Total	De- construction demolition	Transport	Total	Non- transport	Transport	Operational energy use	Total
Methane, biogenic, landfill g	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	5.55e+04	0.00e+00	5.55e+04	5.55e+04	0.00e+00	0.00e+00	5.55e+04
Methane, bromo-, Halon 1001 g	3.86e-02	0.00e+00	3.86e-02	1.87e-03	0.00e+00	1.87e-03	9.75e-04	0.00e+00	2.42e-07	9.87e-04	6.43e-09	0.00e+00	6.43e-09	4.14e-02	0.00e+00	1.21e-05	4.14e-02
Methane, bromochlorodifluoro-, Halon 1211 g	4.21e-03	0.00e+00	4.21e-03	3.76e-07	0.00e+00	3.76e-07	2.81e-03	0.00e+00	0.00e+00	2.81e-03	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	7.02e-03	0.00e+00	0.00e+00	7.02e-03
Methane, bromotrifluoro-, Halon 1301 g	1.79e-03	0.00e+00	1.79e-03	9.19e-06	0.00e+00	9.19e-06	1.13e-03	0.00e+00	0.00e+00	1.13e-03	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.92e-03	0.00e+00	0.00e+00	2.92e-03
Methane, chlorodifluoro-, HCFC-22 g	3.87e-02	0.00e+00	3.87e-02	1.75e-03	0.00e+00	1.75e-03	9.59e-03	0.00e+00	0.00e+00	9.59e-03	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	5.01e-02	0.00e+00	0.00e+00	5.01e-02
Methane, chlorotrifluoro-, CFC-13 g	4.94e-03	0.00e+00	4.94e-03	2.47e-04	0.00e+00	2.47e-04	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	5.18e-03	0.00e+00	0.00e+00	5.18e-03
Methane, dichloro-, HCC-30 g	4.20e+00	0.00e+00	4.20e+00	2.15e-01	0.00e+00	2.15e-01	1.04e-01	0.00e+00	3.85e-01	1.93e+01	1.59e-02	0.00e+00	1.59e-02	4.53e+00	0.00e+00	1.92e+01	2.38e+01
Methane, dichlorodifluoro-, CFC-12 g	7.55e-03	1.30e-05	7.56e-03	3.91e-04	4.41e-05	4.35e-04	1.60e-05	1.44e-06	4.18e-05	2.11e-03	2.39e-05	7.52e-06	3.14e-05	7.98e-03	6.60e-05	2.09e-03	1.01e-02
Methane, dichlorofluoro-, HCFC-21 g	5.09e-11	0.00e+00	5.09e-11	4.99e-12	0.00e+00	4.99e-12	6.64e-13	0.00e+00	0.00e+00	6.64e-13	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	5.66e-11	0.00e+00	0.00e+00	5.66e-11
Methane, fossil g	4.46e+03	4.12e+02	4.88e+03	6.22e+02	1.40e+03	2.02e+03	1.12e+03	4.58e+01	2.69e+03	1.36e+05	7.78e+02	2.39e+02	1.02e+03	6.98e+03	2.10e+03	1.35e+05	1.44e+05
Methane, monochloro-, R-40 g	1.28e-01	0.00e+00	1.28e-01	6.25e-03	0.00e+00	6.25e-03	3.23e-03	0.00e+00	8.00e-07	3.27e-03	2.13e-08	0.00e+00	2.13e-08	1.38e-01	0.00e+00	4.00e-05	1.38e-01
Methane, tetrachloro-, CFC-10 g	2.46e-02	1.40e-06	2.46e-02	2.85e-04	4.71e-06	2.90e-04	1.32e-02	1.55e-07	4.18e-06	1.34e-02	2.38e-06	8.04e-07	3.19e-06	3.81e-02	7.07e-06	2.09e-04	3.83e-02
Methane, tetrafluoro-, CFC-14 g	3.89e-04	0.00e+00	3.89e-04	7.13e-06	0.00e+00	7.13e-06	2.12e-04	0.00e+00	0.00e+00	2.12e-04	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	6.07e-04	0.00e+00	0.00e+00	6.07e-04
Methane, trichlorofluoro-, CFC-11 g	3.47e-02	0.00e+00	3.47e-02	1.74e-03	0.00e+00	1.74e-03	1.08e-12	0.00e+00	0.00e+00	1.08e-12	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	3.64e-02	0.00e+00	0.00e+00	3.64e-02
Methane, trifluoro-, HFC-23 g	1.62e-08	0.00e+00	1.62e-08	1.59e-09	0.00e+00	1.59e-09	2.11e-10	0.00e+00	0.00e+00	2.11e-10	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.80e-08	0.00e+00	0.00e+00	1.80e-08
Methanol g	1.40e+03	0.00e+00	1.40e+03	7.01e+01	0.00e+00	7.01e+01	1.27e-02	0.00e+00	0.00e+00	1.27e-02	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.47e+03	0.00e+00	0.00e+00	1.47e+03
Methyl acetate g	1.69e-06	0.00e+00	1.69e-06	1.69e-07	0.00e+00	1.69e-07	2.21e-10	0.00e+00	0.00e+00	2.21e-10	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.86e-06	0.00e+00	0.00e+00	1.86e-06
Methyl acrylate g	2.64e-08	0.00e+00	2.64e-08	2.28e-09	0.00e+00	2.28e-09	2.38e-09	0.00e+00	0.00e+00	2.38e-09	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	3.10e-08	0.00e+00	0.00e+00	3.10e-08
Methyl amine g	1.81e-05	0.00e+00	1.81e-05	1.81e-06	0.00e+00	1.81e-06	9.82e-09	0.00e+00	0.00e+00	9.82e-09	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.99e-05	0.00e+00	0.00e+00	1.99e-05
Methyl ethyl ketone g	9.66e-02	0.00e+00	9.66e-02	4.70e-03	0.00e+00	4.70e-03	2.38e-03	0.00e+00	5.89e-07	2.41e-03	1.57e-08	0.00e+00	1.57e-08	1.04e-01	0.00e+00	2.94e-05	1.04e-01
Methyl formate g	7.72e-06	0.00e+00	7.72e-06	7.66e-07	0.00e+00	7.66e-07	3.60e-08	0.00e+00	0.00e+00	3.60e-08	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	8.52e-06	0.00e+00	0.00e+00	8.52e-06
Methyl lactate g	4.22e-05	0.00e+00	4.22e-05	4.20e-06	0.00e+00	4.20e-06	7.55e-08	0.00e+00	0.00e+00	7.55e-08	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	4.64e-05	0.00e+00	0.00e+00	4.64e-05
Methyl methacrylate g	3.33e-07	0.00e+00	3.33e-07	2.73e-08	0.00e+00	2.73e-08	3.53e-08	0.00e+00	0.00e+00	3.53e-08	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	3.95e-07	0.00e+00	0.00e+00	3.95e-07
Monoethanolamine g	1.85e-02	0.00e+00	1.85e-02	1.85e-03	0.00e+00	1.85e-03	2.09e-06	0.00e+00	0.00e+00	2.09e-06	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.03e-02	0.00e+00	0.00e+00	2.03e-02

Continuação

	Product			Construction Process			Use				End of life			Total effects			
	Manufacturing	Transport	Total	Construction-installation process	Transport	Total	Replacement manufacturing	Replacement transport	Operational energy use annual	Total	De-construction demolition	Transport	Total	Non-transport	Transport	Operational energy use	Total
Naphthalene g	1.33e+00	0.00e+00	1.33e+00	6.70e-02	0.00e+00	6.70e-02	1.99e-02	0.00e+00	1.97e-02	1.00e+00	4.86e-04	0.00e+00	4.86e-04	1.41e+00	0.00e+00	9.84e-01	2.40e+00
Nickel g	2.69e+00	0.00e+00	2.69e+00	1.42e-01	0.00e+00	1.42e-01	1.48e-01	0.00e+00	4.08e-01	2.06e+01	1.56e-02	0.00e+00	1.56e-02	3.00e+00	0.00e+00	2.04e+01	2.34e+01
Nitrate g	3.56e-04	0.00e+00	3.56e-04	1.50e-05	0.00e+00	1.50e-05	1.38e-04	0.00e+00	0.00e+00	1.38e-04	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	5.09e-04	0.00e+00	0.00e+00	5.09e-04
Nitrobenzene g	3.21e-04	0.00e+00	3.21e-04	3.21e-05	0.00e+00	3.21e-05	4.15e-07	0.00e+00	0.00e+00	4.15e-07	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	3.54e-04	0.00e+00	0.00e+00	3.54e-04
Nitrogen dioxide g	1.18e+02	0.00e+00	1.18e+02	8.55e-01	0.00e+00	8.55e-01	-1.24e-03	0.00e+00	0.00e+00	-1.24e-03	-1.36e+01	0.00e+00	-1.36e+01	1.05e+02	0.00e+00	0.00e+00	1.05e+02
Nitrogen oxides g	6.01e+04	2.59e+03	6.26e+04	1.26e+04	8.50e+03	2.11e+04	4.71e+03	2.92e+02	8.21e+03	4.16e+05	1.03e+04	1.45e+03	1.18e+04	8.76e+04	1.28e+04	4.11e+05	5.11e+05
Nitrous oxides g	1.13e+02	0.00e+00	1.13e+02	3.26e+00	0.00e+00	3.26e+00	1.05e-01	0.00e+00	0.00e+00	1.05e-01	-5.01e+00	0.00e+00	-5.01e+00	1.11e+02	0.00e+00	0.00e+00	1.11e+02
NMVOC, non-methane volatile organic compounds, unspecified origin g	2.76e+03	0.00e+00	2.76e+03	4.06e+01	0.00e+00	4.06e+01	6.84e+02	0.00e+00	0.00e+00	6.84e+02	-1.52e+02	0.00e+00	-1.52e+02	3.34e+03	0.00e+00	0.00e+00	3.34e+03
Organic acids g	7.87e-03	0.00e+00	7.87e-03	5.48e-04	0.00e+00	5.48e-04	2.17e-03	0.00e+00	6.55e-03	3.29e-01	2.73e-04	0.00e+00	2.73e-04	1.09e-02	0.00e+00	3.27e-01	3.38e-01
Organic substances, unspecified g	4.32e+01	0.00e+00	4.32e+01	6.92e-01	0.00e+00	6.92e-01	2.19e+01	0.00e+00	3.59e+00	2.01e+02	1.50e-01	0.00e+00	1.50e-01	6.60e+01	0.00e+00	1.79e+02	2.45e+02
PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons g	2.37e-01	0.00e+00	2.37e-01	3.67e-01	0.00e+00	3.67e-01	7.27e-03	0.00e+00	0.00e+00	7.27e-03	5.94e-01	0.00e+00	5.94e-01	1.21e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.21e+00
Particulates, < 2.5 um g	2.53e+04	2.62e+01	2.53e+04	8.77e+02	8.91e+01	9.66e+02	2.00e+03	2.91e+00	2.04e+03	1.04e+05	-7.96e+02	1.52e+01	-7.80e+02	2.74e+04	1.33e+02	1.02e+05	1.29e+05
Particulates, > 2.5 um, and < 10um g	1.54e+04	4.51e+01	1.55e+04	1.01e+03	1.45e+02	1.16e+03	2.53e+02	5.13e+00	2.79e+02	1.42e+04	3.59e+02	2.47e+01	3.83e+02	1.71e+04	2.20e+02	1.39e+04	3.12e+04
Pentane g	3.74e+00	0.00e+00	3.74e+00	2.24e-02	0.00e+00	2.24e-02	2.34e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.34e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	6.10e+00	0.00e+00	0.00e+00	6.10e+00
PFC-9-1-18 g	1.38e-01	0.00e+00	1.38e-01	6.89e-03	0.00e+00	6.89e-03	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.45e-01	0.00e+00	0.00e+00	1.45e-01
Phenanthrene g	4.90e-03	0.00e+00	4.90e-03	2.82e-04	0.00e+00	2.82e-04	5.47e-04	0.00e+00	1.60e-03	8.05e-02	6.67e-05	0.00e+00	6.67e-05	5.80e-03	0.00e+00	8.00e-02	8.58e-02
Phenol g	8.59e+01	0.00e+00	8.59e+01	4.29e+00	0.00e+00	4.29e+00	2.82e-02	0.00e+00	2.42e-08	2.82e-02	6.43e-10	0.00e+00	6.43e-10	9.02e+01	0.00e+00	1.21e-06	9.02e+01
Phenols, unspecified g	7.91e-01	0.00e+00	7.91e-01	4.06e-02	0.00e+00	4.06e-02	1.49e-02	0.00e+00	1.70e-01	8.50e+00	6.95e-03	0.00e+00	6.95e-03	8.53e-01	0.00e+00	8.49e+00	9.34e+00
Phosphate g	2.21e-02	0.00e+00	2.21e-02	1.15e-03	0.00e+00	1.15e-03	2.79e-04	0.00e+00	0.00e+00	2.79e-04	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.35e-02	0.00e+00	0.00e+00	2.35e-02
Phosphorus g	2.82e-02	0.00e+00	2.82e-02	1.89e-03	0.00e+00	1.89e-03	6.23e-03	0.00e+00	0.00e+00	6.23e-03	1.85e-09	0.00e+00	1.85e-09	3.63e-02	0.00e+00	0.00e+00	3.63e-02
Phthalate, dioctyl-g	1.76e-02	0.00e+00	1.76e-02	8.54e-04	0.00e+00	8.54e-04	4.45e-04	0.00e+00	1.10e-07	4.50e-04	2.93e-09	0.00e+00	2.93e-09	1.89e-02	0.00e+00	5.51e-06	1.89e-02
Propanal g	9.17e-02	0.00e+00	9.17e-02	4.47e-03	0.00e+00	4.47e-03	2.33e-03	0.00e+00	5.74e-07	2.36e-03	1.53e-08	0.00e+00	1.53e-08	9.85e-02	0.00e+00	2.87e-05	9.86e-02
Propane g	7.99e+00	0.00e+00	7.99e+00	1.09e-01	0.00e+00	1.09e-01	4.60e+00	0.00e+00	0.00e+00	4.60e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.27e+01	0.00e+00	0.00e+00	1.27e+01
Propene g	3.77e+01	0.00e+00	3.77e+01	7.38e+00	0.00e+00	7.38e+00	1.90e-01	0.00e+00	0.00e+00	1.90e-01	9.13e+00	0.00e+00	9.13e+00	5.44e+01	0.00e+00	0.00e+00	5.44e+01
Propionic acid g	7.28e-04	0.00e+00	7.28e-04	6.31e-05	0.00e+00	6.31e-05	6.44e-05	0.00e+00	0.00e+00	6.44e-05	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	8.56e-04	0.00e+00	0.00e+00	8.56e-04
Propylene oxide g	1.12e-03	0.00e+00	1.12e-03	5.28e-05	0.00e+00	5.28e-05	6.87e-05	0.00e+00	0.00e+00	6.87e-05	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.25e-03	0.00e+00	0.00e+00	1.25e-03
Pyrene g	3.22e-04	0.00e+00	3.22e-04	2.06e-05	0.00e+00	2.06e-05	6.69e-05	0.00e+00	1.96e-04	9.84e-03	8.15e-06	0.00e+00	8.15e-06	4.18e-04	0.00e+00	9.78e-03	1.02e-02
Radioactive species, unspecified MBq	4.17e+01	0.00e+00	4.17e+01	2.88e+00	0.00e+00	2.88e+00	1.12e+01	0.00e+00	3.36e+01	1.69e+03	1.40e+00	0.00e+00	1.40e+00	5.72e+01	0.00e+00	1.68e+03	1.74e+03
Radionuclides (Including Radon) g	5.74e+01	0.00e+00	5.74e+01	3.99e+00	0.00e+00	3.99e+00	1.58e+01	0.00e+00	4.77e+01	2.40e+03	1.99e+00	0.00e+00	1.99e+00	7.92e+01	0.00e+00	2.39e+03	2.46e+03

Continuação

	Product			Construction Process			Use				End of life			Total effects			
	Manufacturing	Transport	Total	Construction-installation process	Transport	Total	Replacement manufacturing	Replacement transport	Operational energy use annual	Total	De-construction demolition	Transport	Total	Non-transport	Transport	Operational energy use	Total
Selenium g	1.50e+00	0.00e+00	1.50e+00	9.28e-02	0.00e+00	9.28e-02	2.67e-01	0.00e+00	8.66e-01	4.36e+01	3.60e-02	0.00e+00	3.60e-02	1.90e+00	0.00e+00	4.33e+01	4.52e+01
Styrene g	6.27e-03	0.00e+00	6.27e-03	3.14e-04	0.00e+00	3.14e-04	1.58e-04	0.00e+00	3.78e-08	1.60e-04	1.00e-09	0.00e+00	1.00e-09	6.74e-03	0.00e+00	1.89e-06	6.74e-03
Sulfur dioxide g	1.01e+05	0.00e+00	1.01e+05	4.47e+03	0.00e+00	4.47e+03	1.67e+04	0.00e+00	3.56e+04	1.80e+06	-8.24e+02	0.00e+00	-8.24e+02	1.22e+05	0.00e+00	1.78e+06	1.90e+06
Sulfur hexafluoride g	1.14e-04	0.00e+00	1.14e-04	9.32e-06	0.00e+00	9.32e-06	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.23e-04	0.00e+00	0.00e+00	1.23e-04
Sulfur oxides g	4.20e+03	3.38e+02	4.54e+03	1.09e+03	1.15e+03	2.24e+03	5.68e+02	3.75e+01	1.11e+03	5.59e+04	6.06e+02	1.96e+02	8.02e+02	6.46e+03	1.72e+03	5.53e+04	6.35e+04
Sulfur trioxide g	1.99e-03	0.00e+00	1.99e-03	1.99e-04	0.00e+00	1.99e-04	3.34e-06	0.00e+00	0.00e+00	3.34e-06	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.19e-03	0.00e+00	0.00e+00	2.19e-03
Sulfuric acid g	1.38e-04	0.00e+00	1.38e-04	6.90e-06	0.00e+00	6.90e-06	4.41e-09	0.00e+00	0.00e+00	4.41e-09	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.45e-04	0.00e+00	0.00e+00	1.45e-04
Sulfuric acid, dimethyl ester g	1.17e-02	0.00e+00	1.17e-02	5.66e-04	0.00e+00	5.66e-04	2.92e-04	0.00e+00	7.25e-08	2.96e-04	1.93e-09	0.00e+00	1.93e-09	1.25e-02	0.00e+00	3.62e-06	1.25e-02
t-Butyl methyl ether g	8.59e-03	0.00e+00	8.59e-03	4.16e-04	0.00e+00	4.16e-04	2.79e-04	0.00e+00	5.29e-08	2.81e-04	1.41e-09	0.00e+00	1.41e-09	9.28e-03	0.00e+00	2.64e-06	9.29e-03
Tar g	2.59e-07	0.00e+00	2.59e-07	1.38e-08	0.00e+00	1.38e-08	3.68e-10	0.00e+00	0.00e+00	3.68e-10	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.73e-07	0.00e+00	0.00e+00	2.73e-07
Terpenes g	1.30e-01	0.00e+00	1.30e-01	1.30e-02	0.00e+00	1.30e-02	6.60e-05	0.00e+00	0.00e+00	6.60e-05	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.43e-01	0.00e+00	0.00e+00	1.43e-01
TOC, Total Organic Carbon g	7.46e+01	0.00e+00	7.46e+01	3.75e+00	0.00e+00	3.75e+00	5.38e-01	0.00e+00	0.00e+00	5.38e-01	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	7.89e+01	0.00e+00	0.00e+00	7.89e+01
Toluene g	5.16e+00	0.00e+00	5.16e+00	1.11e+00	0.00e+00	1.11e+00	2.96e-01	0.00e+00	3.62e-07	2.96e-01	1.45e+00	0.00e+00	1.45e+00	8.02e+00	0.00e+00	1.81e-05	8.02e+00
Toluene, 2,4-dinitro- g	6.75e-05	0.00e+00	6.75e-05	3.28e-06	0.00e+00	3.28e-06	1.71e-06	0.00e+00	4.23e-10	1.73e-06	1.13e-11	0.00e+00	1.13e-11	7.25e-05	0.00e+00	2.11e-08	7.25e-05
Toluene, 2-chloro-g	8.53e-05	0.00e+00	8.53e-05	8.52e-06	0.00e+00	8.52e-06	1.24e-07	0.00e+00	0.00e+00	1.24e-07	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	9.40e-05	0.00e+00	0.00e+00	9.40e-05
Trimethylamine g	3.56e-06	0.00e+00	3.56e-06	3.55e-07	0.00e+00	3.55e-07	3.94e-10	0.00e+00	0.00e+00	3.94e-10	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	3.91e-06	0.00e+00	0.00e+00	3.91e-06
Vinyl acetate g	1.84e-03	0.00e+00	1.84e-03	8.97e-05	0.00e+00	8.97e-05	4.63e-05	0.00e+00	1.15e-08	4.69e-05	3.05e-10	0.00e+00	3.05e-10	1.98e-03	0.00e+00	5.74e-07	1.98e-03
VOC, volatile organic compounds g	1.14e+04	1.23e+02	1.15e+04	1.08e+03	4.14e+02	1.49e+03	4.04e+02	1.37e+01	6.75e+02	3.42e+04	2.94e+02	7.06e+01	3.65e+02	1.32e+04	6.21e+02	3.37e+04	4.75e+04
Xylene g	1.31e+01	0.00e+00	1.31e+01	1.25e+00	0.00e+00	1.25e+00	1.69e-01	0.00e+00	5.59e-08	1.69e-01	1.01e+00	0.00e+00	1.01e+00	1.55e+01	0.00e+00	2.79e-06	1.55e+01
Zinc g	2.95e-01	0.00e+00	2.95e-01	1.33e-02	0.00e+00	1.33e-02	3.62e-02	0.00e+00	2.51e-02	1.29e+00	1.03e-03	0.00e+00	1.03e-03	3.45e-01	0.00e+00	1.25e+00	1.60e+00

III. Modelo A: quantificação das emissões para o solo

	Product			Construction Process			Use				End of life			Total effects			
	Manufacturing	Transport	Total	Construction-installation process	Transport	Total	Replacement manufacturing	Replacement transport	Operational energy use annual	Total	De-construction demolition	Transport	Total	Non-transport	Transport	Operational energy use	Total
Bark/Wood Waste kg	2.63e+00	0.00e+00	2.63e+00	1.88e+02	0.00e+00	1.88e+02	1.05e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.05e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.92e+02	0.00e+00	0.00e+00	1.92e+02
Concrete Solid Waste kg	1.09e+03	0.00e+00	1.09e+03	9.87e+02	0.00e+00	9.87e+02	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.07e+03	0.00e+00	0.00e+00	2.07e+03
Blast Furnace Dust kg	2.92e+01	0.00e+00	2.92e+01	1.46e+00	0.00e+00	1.46e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	3.07e+01	0.00e+00	0.00e+00	3.07e+01
Steel Waste kg	5.14e+00	0.00e+00	5.14e+00	4.32e+00	0.00e+00	4.32e+00	3.43e+00	0.00e+00	0.00e+00	3.43e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.29e+01	0.00e+00	0.00e+00	1.29e+01
Other Solid Waste kg	5.89e+03	3.56e+00	5.89e+03	2.75e+02	1.21e+01	2.87e+02	5.56e+02	3.95e-01	3.57e+02	1.84e+04	2.02e+01	2.06e+00	2.23e+01	6.74e+03	1.81e+01	1.78e+04	2.46e+04

IV. Modelo B: quantificação das emissões para a água

	Product			Construction process			Use				End of life			Total effects			
	Manufacturing	Transport	Total	Construction-installation process	Transport	Total	Replacement manufacturing	Replacement transport	Operational energy use annual	Total	De-construction demolition	Transport	Total	Non-transport	Transport	Operational energy use	Total
2-Hexanone mg	1.98e+02	2.34e+01	2.21e+02	1.83e+02	3.10e+01	2.14e+02	1.11e+01	2.86e-01	2.89e+01	1.45e+03	4.11e+01	1.31e+01	5.42e+01	4.33e+02	6.78e+01	1.44e+03	1.94e+03
Acetone mg	3.03e+02	3.58e+01	3.39e+02	2.80e+02	4.75e+01	3.28e+02	1.70e+01	4.38e-01	4.42e+01	2.23e+03	6.30e+01	2.01e+01	8.31e+01	6.63e+02	1.04e+02	2.21e+03	2.98e+03
Acids, unspecified mg	1.86e+05	0.00e+00	1.86e+05	8.12e+03	0.00e+00	8.12e+03	1.89e+03	0.00e+00	0.00e+00	1.89e+03	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.97e+05	0.00e+00	0.00e+00	1.97e+05
Aluminum mg	1.81e+06	3.21e+05	2.13e+06	2.47e+06	4.26e+05	2.90e+06	6.55e+04	3.93e+03	1.73e+05	8.70e+06	5.61e+05	1.80e+05	7.41e+05	4.91e+06	9.32e+05	8.63e+06	1.45e+07
Ammonia mg	7.16e+05	6.83e+04	7.84e+05	5.33e+05	9.06e+04	6.23e+05	2.30e+04	8.35e+02	6.31e+04	3.18e+06	1.32e+05	3.83e+04	1.70e+05	1.40e+06	1.98e+05	3.15e+06	4.76e+06
Ammonia, as N mg	5.04e-04	0.00e+00	5.04e-04	2.53e-05	0.00e+00	2.53e-05	3.45e-06	0.00e+00	0.00e+00	3.45e-06	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	5.33e-04	0.00e+00	0.00e+00	5.33e-04
Ammonium, ion mg	1.06e+05	0.00e+00	1.06e+05	4.90e+03	0.00e+00	4.90e+03	2.87e+05	0.00e+00	0.00e+00	2.87e+05	1.11e+02	0.00e+00	1.11e+02	3.98e+05	0.00e+00	0.00e+00	3.98e+05
Antimony mg	1.10e+03	2.01e+02	1.31e+03	1.55e+03	2.66e+02	1.81e+03	3.42e+01	2.46e+00	1.07e+02	5.39e+03	3.50e+02	1.13e+02	4.63e+02	3.03e+03	5.82e+02	5.35e+03	8.97e+03
Arsenic, ion mg	7.71e+03	9.92e+02	8.70e+03	7.72e+03	1.31e+03	9.04e+03	6.83e+02	1.21e+01	1.05e+03	5.31e+04	1.74e+03	5.56e+02	2.30e+03	1.79e+04	2.87e+03	5.24e+04	7.31e+04
Barium mg	2.45e+07	4.40e+06	2.89e+07	3.39e+07	5.84e+06	3.97e+07	6.60e+05	5.38e+04	2.47e+06	1.24e+08	7.68e+06	2.47e+06	1.01e+07	6.67e+07	1.28e+07	1.23e+08	2.03e+08
Benzene mg	5.10e+04	6.01e+03	5.70e+04	4.70e+04	7.97e+03	5.50e+04	2.99e+03	7.35e+01	7.41e+03	3.74e+05	1.06e+04	3.37e+03	1.39e+04	1.12e+05	1.74e+04	3.71e+05	5.00e+05
Benzene, 1-methyl-4-(1- methylethyl)- µg	3.03e+03	3.58e+02	3.38e+03	2.80e+03	4.75e+02	3.27e+03	1.70e+02	4.38e+00	4.42e+02	2.23e+04	6.29e+02	2.01e+02	8.30e+02	6.63e+03	1.04e+03	2.21e+04	2.97e+04
Benzene, ethyl- mg	2.93e+03	3.38e+02	3.27e+03	2.64e+03	4.49e+02	3.09e+03	2.12e+02	4.14e+00	4.17e+02	2.11e+04	5.94e+02	1.90e+02	7.84e+02	6.38e+03	9.81e+02	2.09e+04	2.82e+04
Benzene, pentamethyl- µg	2.27e+03	2.69e+02	2.54e+03	2.10e+03	3.56e+02	2.46e+03	1.28e+02	3.28e+00	3.31e+02	1.67e+04	4.72e+02	1.51e+02	6.23e+02	4.97e+03	7.79e+02	1.66e+04	2.23e+04
Benzenes, alkylated, unspecified mg	9.60e+02	1.76e+02	1.14e+03	1.36e+03	2.34e+02	1.59e+03	2.40e+01	2.15e+00	9.38e+01	4.72e+03	3.07e+02	9.88e+01	4.06e+02	2.65e+03	5.11e+02	4.69e+03	7.85e+03
Benzoic acid mg	3.07e+04	3.64e+03	3.44e+04	2.84e+04	4.82e+03	3.32e+04	1.73e+03	4.45e+01	4.48e+03	2.26e+05	6.39e+03	2.04e+03	8.43e+03	6.73e+04	1.05e+04	2.24e+05	3.02e+05
Beryllium mg	3.94e+02	5.56e+01	4.50e+02	4.32e+02	7.38e+01	5.06e+02	1.71e+01	6.80e-01	5.13e+01	2.58e+03	9.74e+01	3.12e+01	1.29e+02	9.41e+02	1.61e+02	2.57e+03	3.67e+03
Biphenyl µg	6.21e+04	1.14e+04	7.35e+04	8.78e+04	1.51e+04	1.03e+05	1.55e+03	1.39e+02	6.07e+03	3.05e+05	1.99e+04	6.39e+03	2.63e+04	1.71e+05	3.31e+04	3.04e+05	5.08e+05
BOD5, Biological Oxygen Demand mg	4.43e+07	6.57e+05	4.49e+07	7.04e+06	8.72e+05	7.92e+06	1.94e+07	8.04e+03	7.81e+05	5.85e+07	1.22e+06	3.68e+05	1.59e+06	7.20e+07	1.91e+06	3.91e+07	1.13e+08
Boron mg	9.52e+04	1.13e+04	1.06e+05	8.79e+04	1.49e+04	1.03e+05	6.91e+03	1.38e+02	1.39e+04	7.01e+05	1.98e+04	6.31e+03	2.61e+04	2.10e+05	3.26e+04	6.94e+05	9.36e+05
Bromide mg	6.49e+06	7.68e+05	7.26e+06	6.00e+06	1.02e+06	7.02e+06	3.65e+05	9.39e+03	9.47e+05	4.77e+07	1.35e+06	4.30e+05	1.78e+06	1.42e+07	2.23e+06	4.74e+07	6.38e+07
Cadmium, ion mg	1.63e+03	1.46e+02	1.77e+03	1.14e+03	1.94e+02	1.34e+03	2.03e+02	1.79e+00	1.53e+02	7.87e+03	3.58e+02	8.20e+01	4.40e+02	3.33e+03	4.24e+02	7.67e+03	1.14e+04
Calcium, ion mg	1.02e+08	1.15e+07	1.13e+08	9.00e+07	1.53e+07	1.05e+08	8.66e+06	1.41e+05	1.42e+07	7.19e+08	2.02e+07	6.45e+06	2.67e+07	2.21e+08	3.34e+07	7.10e+08	9.64e+08
Chloride mg	1.16e+09	1.29e+08	1.29e+09	1.01e+09	1.72e+08	1.19e+09	7.02e+07	1.58e+06	1.60e+08	8.05e+09	2.27e+08	7.26e+07	3.00e+08	2.47e+09	3.75e+08	7.98e+09	1.08e+10
Chromium mg	4.14e+04	8.58e+03	5.00e+04	6.57e+04	1.14e+04	7.71e+04	4.39e+02	1.05e+02	3.06e+03	1.54e+05	1.48e+04	4.81e+03	1.96e+04	1.22e+05	2.49e+04	1.53e+05	3.00e+05
Chromium VI µg	1.69e+05	3.61e+04	2.05e+05	2.77e+05	4.78e+04	3.24e+05	3.73e+03	4.41e+02	1.29e+04	6.49e+05	6.28e+04	2.02e+04	8.31e+04	5.12e+05	1.05e+05	6.44e+05	1.26e+06
Chromium, ion mg	9.45e+03	5.56e+02	1.00e+04	4.54e+03	7.37e+02	5.27e+03	8.18e+02	6.80e+00	1.79e+03	9.02e+04	9.96e+02	3.12e+02	1.31e+03	1.58e+04	1.61e+03	8.94e+04	1.07e+05
Cobalt mg	6.68e+02	7.94e+01	7.47e+02	6.21e+02	1.05e+02	7.26e+02	9.66e+01	9.71e-01	9.79e+01	4.99e+03	1.40e+02	4.45e+01	1.84e+02	1.52e+03	2.30e+02	4.90e+03	6.65e+03
COD, Chemical Oxygen Demand mg	1.88e+07	1.26e+06	2.00e+07	1.00e+07	1.66e+06	1.17e+07	7.89e+07	1.53e+04	1.35e+06	1.47e+08	2.19e+06	7.04e+05	2.90e+06	1.10e+08	3.64e+06	6.76e+07	1.81e+08
Copper, ion mg	7.82e+03	1.03e+03	8.86e+03	7.99e+03	1.37e+03	9.36e+03	3.77e+03	1.26e+01	8.25e+02	4.51e+04	1.81e+03	5.78e+02	2.39e+03	2.14e+04	2.99e+03	4.13e+04	6.57e+04

Continuação

	Product			Construction process			Use				End of life			Total effects			
	Manufacturing	Transport	Total	Construction-installation process	Transport	Total	Replacement manufacturing	Replacement transport	Operational energy use annual	Total	De-construction demolition	Transport	Total	Non-transport	Transport	Operational energy use	Total
Cyanide mg	1.62e+04	2.59e-01	1.62e+04	7.23e+02	3.43e-01	7.23e+02	1.16e+03	3.16e-03	3.19e-01	1.18e+03	4.55e-01	1.45e-01	6.00e-01	1.80e+04	7.50e-01	1.59e+01	1.81e+04
Decane mg	8.83e+02	1.04e+02	9.87e+02	8.17e+02	1.39e+02	9.55e+02	4.97e+01	1.28e+00	1.29e+02	6.49e+03	1.84e+02	5.86e+01	2.42e+02	1.93e+03	3.03e+02	6.44e+03	8.68e+03
Detergent, oil mg	2.74e+04	2.99e+03	3.04e+04	2.34e+04	3.96e+03	2.74e+04	1.67e+03	3.65e+01	4.20e+03	2.11e+05	5.25e+03	1.67e+03	6.93e+03	5.78e+04	8.65e+03	2.10e+05	2.76e+05
Dibenzofuran µg	5.76e+03	6.82e+02	6.44e+03	5.33e+03	9.04e+02	6.23e+03	3.24e+02	8.33e+00	8.40e+02	4.24e+04	1.20e+03	3.82e+02	1.58e+03	1.26e+04	1.98e+03	4.20e+04	5.66e+04
Dibenzothiophene µg	2.26e+03	3.52e+01	2.30e+03	3.54e+02	4.67e+01	4.01e+02	2.51e+02	4.30e-01	4.96e+02	2.51e+04	6.98e+01	1.97e+01	8.96e+01	2.94e+03	1.02e+02	2.48e+04	2.79e+04
Dissolved solids mg	1.32e+09	1.60e+08	1.48e+09	1.25e+09	2.12e+08	1.46e+09	5.79e+07	1.95e+06	1.97e+08	9.91e+09	2.81e+08	8.95e+07	3.70e+08	2.91e+09	4.63e+08	9.85e+09	1.32e+10
DOC, Dissolved Organic Carbon mg	1.19e+06	0.00e+00	1.19e+06	4.91e+04	0.00e+00	4.91e+04	7.10e+07	0.00e+00	0.00e+00	7.10e+07	2.78e+04	0.00e+00	2.78e+04	7.22e+07	0.00e+00	0.00e+00	7.22e+07
Docosane µg	3.24e+04	3.84e+03	3.62e+04	3.00e+04	5.09e+03	3.51e+04	1.82e+03	4.69e+01	4.73e+03	2.38e+05	6.74e+03	2.15e+03	8.89e+03	7.09e+04	1.11e+04	2.36e+05	3.19e+05
Dodecane mg	1.67e+03	1.98e+02	1.87e+03	1.55e+03	2.63e+02	1.81e+03	9.43e+01	2.42e+00	2.44e+02	1.23e+04	3.48e+02	1.11e+02	4.59e+02	3.67e+03	5.75e+02	1.22e+04	1.65e+04
Eicosane mg	4.61e+02	5.46e+01	5.16e+02	4.27e+02	7.24e+01	4.99e+02	2.60e+01	6.67e-01	6.73e+01	3.39e+03	9.59e+01	3.06e+01	1.27e+02	1.01e+03	1.58e+02	3.37e+03	4.53e+03
Fluorene, 1-methyl- µg	3.45e+03	4.08e+02	3.85e+03	3.19e+03	5.41e+02	3.73e+03	1.94e+02	4.99e+00	5.03e+02	2.53e+04	7.17e+02	2.29e+02	9.46e+02	7.55e+03	1.18e+03	2.52e+04	3.39e+04
Fluorenes, alkylated, unspecified µg	5.56e+04	1.02e+04	6.58e+04	7.86e+04	1.35e+04	9.21e+04	1.39e+03	1.25e+02	5.44e+03	2.73e+05	1.78e+04	5.72e+03	2.35e+04	1.53e+05	2.96e+04	2.72e+05	4.55e+05
Fluoride mg	2.87e+05	0.00e+00	2.87e+05	1.44e+04	0.00e+00	1.44e+04	1.68e+04	0.00e+00	0.00e+00	1.68e+04	5.78e+00	0.00e+00	5.78e+00	3.18e+05	0.00e+00	0.00e+00	3.18e+05
Fluorine µg	2.83e+04	5.03e+03	3.33e+04	3.87e+04	6.67e+03	4.54e+04	7.89e+02	6.14e+01	2.89e+03	1.45e+05	8.77e+03	2.82e+03	1.16e+04	7.66e+04	1.46e+04	1.45e+05	2.36e+05
Halogenated organics µg	1.64e-06	0.00e+00	1.64e-06	3.28e-08	0.00e+00	3.28e-08	1.12e-06	0.00e+00	0.00e+00	1.12e-06	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.79e-06	0.00e+00	0.00e+00	2.79e-06
Hexadecane mg	1.83e+03	2.16e+02	2.04e+03	1.69e+03	2.87e+02	1.98e+03	1.03e+02	2.65e+00	2.67e+02	1.34e+04	3.80e+02	1.21e+02	5.02e+02	4.00e+03	6.27e+02	1.33e+04	1.80e+04
Hexanoic acid mg	6.36e+03	7.53e+02	7.11e+03	5.89e+03	9.99e+02	6.88e+03	3.58e+02	9.21e+00	9.28e+02	4.68e+04	1.32e+03	4.22e+02	1.75e+03	1.39e+04	2.18e+03	4.64e+04	6.25e+04
Hydrocarbons, unspecified µg	2.22e+06	0.00e+00	2.22e+06	4.64e+03	0.00e+00	4.64e+03	1.42e+06	0.00e+00	0.00e+00	1.42e+06	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	3.65e+06	0.00e+00	0.00e+00	3.65e+06
Hydrogen sulfide mg	2.51e+01	0.00e+00	2.51e+01	1.23e-01	0.00e+00	1.23e-01	6.38e+03	0.00e+00	0.00e+00	6.38e+03	2.50e+00	0.00e+00	2.50e+00	6.41e+03	0.00e+00	0.00e+00	6.41e+03
Iron mg	9.03e+06	6.37e+05	9.67e+06	4.98e+06	8.44e+05	5.82e+06	1.45e+05	7.78e+03	4.19e+05	2.11e+07	7.13e+05	3.57e+05	1.07e+06	1.49e+07	1.85e+06	2.10e+07	3.77e+07
Lead mg	1.65e+04	2.11e+03	1.86e+04	1.64e+04	2.80e+03	1.92e+04	2.09e+04	2.58e+01	1.75e+03	1.08e+05	3.17e+03	1.18e+03	4.35e+03	5.69e+04	6.11e+03	8.75e+04	1.51e+05
Lead-210/kg µg	3.15e-03	3.72e-04	3.52e-03	2.91e-03	4.93e-04	3.40e-03	1.77e-04	4.55e-06	4.59e-04	2.31e-02	6.54e-04	2.09e-04	8.63e-04	6.89e-03	1.08e-03	2.30e-02	3.09e-02
Lithium, ion mg	1.45e+07	3.85e+03	1.45e+07	6.17e+05	5.10e+03	6.22e+05	1.63e+06	4.70e+01	3.37e+06	1.70e+08	6.61e+04	2.16e+03	6.82e+04	1.68e+07	1.12e+04	1.69e+08	1.85e+08
m-Xylene mg	9.18e+02	1.09e+02	1.03e+03	8.49e+02	1.44e+02	9.93e+02	5.17e+01	1.33e+00	1.34e+02	6.75e+03	1.91e+02	6.09e+01	2.52e+02	2.01e+03	3.15e+02	6.70e+03	9.02e+03
Magnesium mg	1.90e+07	2.25e+06	2.13e+07	1.76e+07	2.98e+06	2.06e+07	1.20e+06	2.75e+04	2.78e+06	1.40e+08	3.96e+06	1.26e+06	5.22e+06	4.18e+07	6.53e+06	1.39e+08	1.87e+08
Manganese mg	1.39e+05	3.59e+03	1.43e+05	3.29e+04	4.76e+03	3.77e+04	4.53e+04	4.39e+01	1.12e+04	6.06e+05	7.07e+03	2.01e+03	9.08e+03	2.25e+05	1.04e+04	5.60e+05	7.95e+05
Mercury µg	2.04e+04	3.52e+03	2.39e+04	2.72e+04	4.67e+03	3.18e+04	2.24e+05	4.30e+01	1.87e+03	3.18e+05	6.23e+03	1.97e+03	8.21e+03	2.78e+05	1.02e+04	9.37e+04	3.82e+05
Metallic ions, unspecified mg	6.18e+04	0.00e+00	6.18e+04	2.96e+03	0.00e+00	2.96e+03	1.77e+03	0.00e+00	0.00e+00	1.77e+03	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	6.65e+04	0.00e+00	0.00e+00	6.65e+04
Methane, monochloro-, R- 40 µg	1.22e+03	1.44e+02	1.36e+03	1.13e+03	1.91e+02	1.32e+03	6.86e+01	1.76e+00	1.78e+02	8.97e+03	2.54e+02	8.09e+01	3.34e+02	2.67e+03	4.18e+02	8.89e+03	1.20e+04
Methyl ethyl ketone µg	2.44e+03	2.89e+02	2.73e+03	2.26e+03	3.83e+02	2.64e+03	1.37e+02	3.53e+00	3.56e+02	1.79e+04	5.07e+02	1.62e+02	6.69e+02	5.34e+03	8.36e+02	1.78e+04	2.40e+04

Continuação

	Product			Construction process			Use				End of life			Total effects			
	Manufacturing	Transport	Total	Construction-installation process	Transport	Total	Replacement manufacturing	Replacement transport	Operational energy use annual	Total	De-construction demolition	Transport	Total	Non-transport	Transport	Operational energy use	Total
Molybdenum mg	6.93e+02	8.24e+01	7.76e+02	6.44e+02	1.09e+02	7.53e+02	2.68e+02	1.01e+00	1.02e+02	5.35e+03	1.45e+02	4.62e+01	1.91e+02	1.75e+03	2.39e+02	5.08e+03	7.07e+03
n-Hexacosane µg	2.02e+04	2.39e+03	2.26e+04	1.87e+04	3.17e+03	2.19e+04	1.14e+03	2.93e+01	2.95e+03	1.49e+05	4.20e+03	1.34e+03	5.55e+03	4.43e+04	6.94e+03	1.48e+05	1.99e+05
Naphthalene mg	5.42e+02	6.53e+01	6.08e+02	5.11e+02	8.66e+01	5.97e+02	2.52e+01	7.99e-01	8.03e+01	4.04e+03	1.15e+02	3.66e+01	1.51e+02	1.19e+03	1.89e+02	4.02e+03	5.40e+03
Naphthalene, 2-methyl- mg	4.80e+02	5.68e+01	5.36e+02	4.44e+02	7.53e+01	5.19e+02	2.70e+01	6.94e-01	7.00e+01	3.53e+03	9.98e+01	3.18e+01	1.32e+02	1.05e+03	1.65e+02	3.50e+03	4.72e+03
Naphthalenes, alkylated, unspecified µg	1.57e+04	2.89e+03	1.86e+04	2.22e+04	3.83e+03	2.60e+04	3.93e+02	3.53e+01	1.54e+03	7.73e+04	5.04e+03	1.62e+03	6.66e+03	4.34e+04	8.37e+03	7.69e+04	1.29e+05
Nickel mg	7.83e+03	9.85e+02	8.81e+03	7.65e+03	1.31e+03	8.96e+03	6.92e+02	1.20e+01	9.01e+02	4.58e+04	2.05e+03	5.52e+02	2.60e+03	1.82e+04	2.86e+03	4.51e+04	6.61e+04
Nitrate mg	3.54e+05	0.00e+00	3.54e+05	1.61e+04	0.00e+00	1.61e+04	9.27e+04	0.00e+00	0.00e+00	9.27e+04	2.92e+01	0.00e+00	2.92e+01	4.63e+05	0.00e+00	0.00e+00	4.63e+05
Nitrate compounds mg	1.36e-05	0.00e+00	1.36e-05	6.84e-07	0.00e+00	6.84e-07	9.30e-08	0.00e+00	0.00e+00	9.30e-08	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.44e-05	0.00e+00	0.00e+00	1.44e-05
Nitric acid mg	3.05e-02	0.00e+00	3.05e-02	1.53e-03	0.00e+00	1.53e-03	2.09e-04	0.00e+00	0.00e+00	2.09e-04	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	3.22e-02	0.00e+00	0.00e+00	3.22e-02
Nitrogen mg	3.41e+04	0.00e+00	3.41e+04	-1.52e+04	0.00e+00	-1.52e+04	4.53e+05	0.00e+00	0.00e+00	4.53e+05	6.48e+05	0.00e+00	6.48e+05	1.12e+06	0.00e+00	0.00e+00	1.12e+06
Non-halogenated Organics µg	4.06e+08	0.00e+00	4.06e+08	1.66e+07	0.00e+00	1.66e+07	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	4.23e+08	0.00e+00	0.00e+00	4.23e+08
o-Cresol mg	8.71e+02	1.03e+02	9.74e+02	8.06e+02	1.37e+02	9.43e+02	4.90e+01	1.26e+00	1.27e+02	6.41e+03	1.81e+02	5.78e+01	2.39e+02	1.91e+03	2.99e+02	6.36e+03	8.56e+03
Octadecane mg	4.52e+02	5.35e+01	5.05e+02	4.18e+02	7.09e+01	4.89e+02	2.54e+01	6.53e-01	6.59e+01	3.32e+03	9.39e+01	3.00e+01	1.24e+02	9.89e+02	1.55e+02	3.30e+03	4.44e+03
Oils, unspecified mg	1.87e+06	8.33e+04	1.95e+06	6.96e+05	1.10e+05	8.07e+05	2.07e+05	1.02e+03	9.26e+04	4.84e+06	1.46e+05	4.67e+04	1.93e+05	2.92e+06	2.41e+05	4.63e+06	7.79e+06
Other mg	2.29e+06	0.00e+00	2.29e+06	1.14e+05	0.00e+00	1.14e+05	6.27e-01	0.00e+00	0.00e+00	6.27e-01	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.40e+06	0.00e+00	0.00e+00	2.40e+06
Other metals mg	1.36e+06	0.00e+00	1.36e+06	6.45e+04	0.00e+00	6.45e+04	3.37e-02	0.00e+00	0.00e+00	3.37e-02	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.43e+06	0.00e+00	0.00e+00	1.43e+06
p-Cresol mg	9.40e+02	1.11e+02	1.05e+03	8.70e+02	1.48e+02	1.02e+03	5.29e+01	1.36e+00	1.37e+02	6.91e+03	1.95e+02	6.24e+01	2.58e+02	2.06e+03	3.23e+02	6.86e+03	9.24e+03
PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons µg	1.84e+04	0.00e+00	1.84e+04	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.23e+04	0.00e+00	0.00e+00	1.23e+04	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	3.07e+04	0.00e+00	0.00e+00	3.07e+04
Pentanone, methyl-mg	1.24e+02	1.51e+01	1.39e+02	1.18e+02	2.00e+01	1.38e+02	5.46e+00	1.84e-01	1.86e+01	9.34e+02	2.65e+01	8.44e+00	3.49e+01	2.74e+02	4.37e+01	9.29e+02	1.25e+03
Phenanthrene µg	6.53e+03	1.02e+03	7.55e+03	7.91e+03	1.36e+03	9.26e+03	2.47e+02	1.25e+01	7.67e+02	3.86e+04	1.79e+03	5.73e+02	2.36e+03	1.65e+04	2.96e+03	3.84e+04	5.78e+04
Phenanthrenes, alkylated, unspecified µg	6.52e+03	1.20e+03	7.72e+03	9.21e+03	1.59e+03	1.08e+04	1.63e+02	1.46e+01	6.37e+02	3.20e+04	2.09e+03	6.71e+02	2.76e+03	1.80e+04	3.47e+03	3.19e+04	5.33e+04
Phenol µg	1.48e+07	1.60e+06	1.64e+07	1.26e+07	2.12e+06	1.47e+07	3.93e+05	1.95e+04	5.70e+05	2.89e+07	2.78e+06	8.95e+05	3.68e+06	3.06e+07	4.63e+06	2.85e+07	6.37e+07
Phenol, 2,4-dimethyl- mg	8.48e+02	1.00e+02	9.49e+02	7.85e+02	1.33e+02	9.18e+02	4.78e+01	1.23e+00	1.24e+02	6.24e+03	1.76e+02	5.63e+01	2.33e+02	1.86e+03	2.91e+02	6.19e+03	8.34e+03
Phenols, unspecified mg	7.12e+03	2.24e+02	7.34e+03	1.96e+03	2.97e+02	2.26e+03	7.22e+02	2.74e+00	1.48e+03	7.50e+04	4.15e+02	1.26e+02	5.41e+02	1.02e+04	6.50e+02	7.42e+04	8.51e+04
Phosphate mg	1.85e+05	0.00e+00	1.85e+05	8.85e+03	0.00e+00	8.85e+03	2.83e+03	0.00e+00	0.00e+00	2.83e+03	-9.32e+02	0.00e+00	-9.32e+02	1.96e+05	0.00e+00	0.00e+00	1.96e+05
Phosphorus mg	2.89e+03	0.00e+00	2.89e+03	8.44e+01	0.00e+00	8.44e+01	1.63e+03	0.00e+00	0.00e+00	1.63e+03	-2.83e+03	0.00e+00	-2.83e+03	1.77e+03	0.00e+00	0.00e+00	1.77e+03
Radium-226/kg µg	1.09e+00	1.30e-01	1.22e+00	1.01e+00	1.72e-01	1.18e+00	6.16e-02	1.58e-03	1.60e-01	8.05e+00	2.28e-01	7.26e-02	3.00e-01	2.40e+00	3.76e-01	7.99e+00	1.08e+01
Radium-228/kg µg	5.60e-03	6.61e-04	6.26e-03	5.18e-03	8.77e-04	6.06e-03	3.15e-04	8.09e-06	8.17e-04	4.12e-02	1.16e-03	3.71e-04	1.54e-03	1.23e-02	1.92e-03	4.09e-02	5.50e-02
Selenium µg	2.12e+05	3.89e+04	2.51e+05	3.00e+05	5.16e+04	3.51e+05	4.96e+03	4.76e+02	2.09e+04	1.05e+06	6.80e+04	2.18e+04	8.98e+04	5.85e+05	1.13e+05	1.04e+06	1.74e+06

Continuação

	Product			Construction process			Use				End of life			Total effects			
	Manufacturing	Transport	Total	Construction-installation process	Transport	Total	Replacement manufacturing	Replacement transport	Operational energy use annual	Total	De-construction demolition	Transport	Total	Non-transport	Transport	Operational energy use	Total
Silver mg	6.35e+04	7.53e+03	7.11e+04	5.89e+04	9.98e+03	6.88e+04	3.57e+03	9.20e+01	9.27e+03	4.67e+05	1.32e+04	4.22e+03	1.75e+04	1.39e+05	2.18e+04	4.63e+05	6.24e+05
Sodium, ion mg	3.09e+08	3.65e+07	3.46e+08	2.85e+08	4.84e+07	3.34e+08	1.80e+07	4.46e+05	4.50e+07	2.27e+09	6.41e+07	2.05e+07	8.46e+07	6.77e+08	1.06e+08	2.25e+09	3.03e+09
Solids, inorganic mg	4.50e+06	0.00e+00	4.50e+06	3.90e-06	0.00e+00	3.90e-06	3.00e+06	0.00e+00	0.00e+00	3.00e+06	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	7.51e+06	0.00e+00	0.00e+00	7.51e+06
Strontium mg	1.66e+06	1.95e+05	1.85e+06	1.53e+06	2.59e+05	1.79e+06	9.59e+04	2.39e+03	2.41e+05	1.21e+07	3.43e+05	1.10e+05	4.53e+05	3.62e+06	5.66e+05	1.20e+07	1.62e+07
Sulfate mg	3.61e+07	2.61e+05	3.63e+07	3.73e+06	3.45e+05	4.08e+06	3.65e+05	3.18e+03	3.24e+05	1.66e+07	4.58e+05	1.46e+05	6.04e+05	4.06e+07	7.55e+05	1.62e+07	5.76e+07
Sulfide mg	9.86e+03	1.85e+02	1.00e+04	1.65e+03	2.46e+02	1.90e+03	2.89e+03	2.27e+00	6.62e+01	6.20e+03	3.23e+02	1.04e+02	4.27e+02	1.47e+04	5.37e+02	3.31e+03	1.86e+04
Sulfur mg	8.07e+04	9.50e+03	9.02e+04	7.42e+04	1.26e+04	8.68e+04	4.85e+03	1.16e+02	1.17e+04	5.90e+05	1.67e+04	5.32e+03	2.20e+04	1.77e+05	2.75e+04	5.85e+05	7.90e+05
Sulfuric acid mg	4.04e+01	0.00e+00	4.04e+01	7.52e-05	0.00e+00	7.52e-05	2.69e+01	0.00e+00	0.00e+00	2.69e+01	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	6.73e+01	0.00e+00	0.00e+00	6.73e+01
Suspended solids, unspecified mg	7.48e+07	9.88e+06	8.47e+07	7.70e+07	1.31e+07	9.01e+07	1.72e+06	1.21e+05	5.64e+06	2.84e+08	1.73e+07	5.54e+06	2.28e+07	1.71e+08	2.86e+07	2.82e+08	4.81e+08
Tar mg	7.69e-07	0.00e+00	7.69e-07	3.86e-08	0.00e+00	3.86e-08	5.26e-09	0.00e+00	0.00e+00	5.26e-09	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	8.13e-07	0.00e+00	0.00e+00	8.13e-07
Tetradecane mg	7.34e+02	8.69e+01	8.21e+02	6.79e+02	1.15e+02	7.94e+02	4.13e+01	1.06e+00	1.07e+02	5.40e+03	1.53e+02	4.87e+01	2.01e+02	1.61e+03	2.52e+02	5.36e+03	7.22e+03
Thallium µg	2.33e+05	4.23e+04	2.75e+05	3.26e+05	5.61e+04	3.82e+05	7.09e+03	5.17e+02	2.26e+04	1.14e+06	7.38e+04	2.37e+04	9.76e+04	6.39e+05	1.23e+05	1.13e+06	1.89e+06
Tin mg	5.30e+03	8.06e+02	6.10e+03	6.24e+03	1.07e+03	7.30e+03	2.29e+02	9.85e+00	6.34e+02	3.19e+04	1.41e+03	4.52e+02	1.86e+03	1.32e+04	2.34e+03	3.17e+04	4.72e+04
Titanium, ion mg	1.69e+04	3.08e+03	2.00e+04	2.37e+04	4.09e+03	2.78e+04	4.83e+02	3.77e+01	1.64e+03	8.27e+04	5.38e+03	1.73e+03	7.11e+03	4.65e+04	8.94e+03	8.22e+04	1.38e+05
Toluene mg	4.84e+04	5.68e+03	5.41e+04	4.44e+04	7.53e+03	5.19e+04	2.97e+03	6.94e+01	7.01e+03	3.53e+05	9.98e+03	3.18e+03	1.32e+04	1.06e+05	1.65e+04	3.50e+05	4.72e+05
Vanadium mg	8.19e+02	9.73e+01	9.16e+02	7.61e+02	1.29e+02	8.90e+02	4.39e+01	1.19e+00	1.20e+02	6.05e+03	1.71e+02	5.46e+01	2.26e+02	1.79e+03	2.82e+02	6.00e+03	8.08e+03
Xylene mg	1.50e+04	2.98e+03	1.80e+04	2.28e+04	3.95e+03	2.68e+04	6.53e+02	3.64e+01	1.13e+03	5.73e+04	5.19e+03	1.67e+03	6.86e+03	4.37e+04	8.63e+03	5.66e+04	1.09e+05
Yttrium mg	2.04e+02	2.42e+01	2.28e+02	1.89e+02	3.20e+01	2.21e+02	1.15e+01	2.95e-01	2.98e+01	1.50e+03	4.24e+01	1.35e+01	5.60e+01	4.47e+02	7.00e+01	1.49e+03	2.01e+03
Zinc mg	4.11e+04	7.40e+03	4.85e+04	5.71e+04	9.82e+03	6.69e+04	1.15e+04	9.05e+01	4.19e+03	2.21e+05	8.18e+03	4.15e+03	1.23e+04	1.18e+05	2.15e+04	2.10e+05	3.49e+05



## V. Modelo B: quantificação das emissões para a atmosfera

	Product			Construction process			Use				End of life			Total effects			
	Manufacturing	Transport	Total	Construction-installation process	Transport	Total	Replacement manufacturing	Replacement transport	Operational energy use annual	Total	De-construction demolition	Transport	Total	Non-transport	Transport	Operational energy use	Total
1,4-Butanediol g	2.40e-08	0.00e+00	2.40e-08	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.60e-08	0.00e+00	0.00e+00	1.60e-08	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	4.00e-08	0.00e+00	0.00e+00	4.00e-08
1-Butanol g	4.07e-09	0.00e+00	4.07e-09	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.71e-09	0.00e+00	0.00e+00	2.71e-09	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	6.78e-09	0.00e+00	0.00e+00	6.78e-09
1-Pentanol g	1.13e-07	0.00e+00	1.13e-07	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	7.56e-08	0.00e+00	0.00e+00	7.56e-08	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.89e-07	0.00e+00	0.00e+00	1.89e-07
1-Pentene g	8.57e-08	0.00e+00	8.57e-08	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	5.71e-08	0.00e+00	0.00e+00	5.71e-08	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.43e-07	0.00e+00	0.00e+00	1.43e-07
1-Propanol g	8.37e-07	0.00e+00	8.37e-07	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	5.58e-07	0.00e+00	0.00e+00	5.58e-07	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.39e-06	0.00e+00	0.00e+00	1.39e-06
2-Butene, 2-methyl-g	1.90e-11	0.00e+00	1.90e-11	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.27e-11	0.00e+00	0.00e+00	1.27e-11	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	3.17e-11	0.00e+00	0.00e+00	3.17e-11
2-Chloroacetophenone g	4.03e-02	0.00e+00	4.03e-02	2.01e-03	0.00e+00	2.01e-03	4.21e-05	0.00e+00	1.06e-08	4.26e-05	7.51e-10	0.00e+00	7.51e-10	4.24e-02	0.00e+00	5.29e-07	4.24e-02
2-Methyl-1-propanol g	1.99e-07	0.00e+00	1.99e-07	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.32e-07	0.00e+00	0.00e+00	1.32e-07	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	3.31e-07	0.00e+00	0.00e+00	3.31e-07
2-Propanol g	1.24e-06	0.00e+00	1.24e-06	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	8.26e-07	0.00e+00	0.00e+00	8.26e-07	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.06e-06	0.00e+00	0.00e+00	2.06e-06
5-methyl Chrysene g	1.94e-04	0.00e+00	1.94e-04	9.39e-06	0.00e+00	9.39e-06	4.23e-06	0.00e+00	1.30e-05	6.56e-04	1.45e-06	0.00e+00	1.45e-06	2.09e-04	0.00e+00	6.52e-04	8.61e-04
Acenaphthene g	4.50e-03	0.00e+00	4.50e-03	2.18e-04	0.00e+00	2.18e-04	9.81e-05	0.00e+00	3.02e-04	1.52e-02	3.36e-05	0.00e+00	3.36e-05	4.85e-03	0.00e+00	1.51e-02	2.00e-02
Acenaphthylene g	2.21e-03	0.00e+00	2.21e-03	1.07e-04	0.00e+00	1.07e-04	4.81e-05	0.00e+00	1.48e-04	7.46e-03	1.65e-05	0.00e+00	1.65e-05	2.38e-03	0.00e+00	7.41e-03	9.79e-03
Acetaldehyde g	4.10e+00	0.00e+00	4.10e+00	1.07e+02	0.00e+00	1.07e+02	3.33e-02	0.00e+00	8.61e-07	3.33e-02	2.44e+01	0.00e+00	2.44e+01	1.35e+02	0.00e+00	4.30e-05	1.35e+02
Acetic acid g	1.58e-02	0.00e+00	1.58e-02	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.05e-02	0.00e+00	0.00e+00	1.05e-02	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.63e-02	0.00e+00	0.00e+00	2.63e-02
Acetone g	6.87e-04	0.00e+00	6.87e-04	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	4.58e-04	0.00e+00	0.00e+00	4.58e-04	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.14e-03	0.00e+00	0.00e+00	1.14e-03
Acetophenone g	8.64e-02	0.00e+00	8.64e-02	4.31e-03	0.00e+00	4.31e-03	9.01e-05	0.00e+00	2.27e-08	9.13e-05	1.61e-09	0.00e+00	1.61e-09	9.08e-02	0.00e+00	1.13e-06	9.08e-02
Acid Gases g	8.32e+00	0.00e+00	8.32e+00	1.66e-01	0.00e+00	1.66e-01	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	8.49e+00	0.00e+00	0.00e+00	8.49e+00
Acrolein g	7.88e+01	0.00e+00	7.88e+01	1.68e+01	0.00e+00	1.68e+01	5.85e-01	0.00e+00	1.72e-01	9.18e+00	2.96e+00	0.00e+00	2.96e+00	9.92e+01	0.00e+00	8.59e+00	1.08e+02
Acrylic acid g	3.20e-09	0.00e+00	3.20e-09	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.13e-09	0.00e+00	0.00e+00	2.13e-09	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	5.33e-09	0.00e+00	0.00e+00	5.33e-09
Aldehydes g	2.72e+00	0.00e+00	2.72e+00	7.74e-03	0.00e+00	7.74e-03	1.71e+00	0.00e+00	6.55e-03	2.04e+00	7.28e-04	0.00e+00	7.28e-04	4.44e+00	0.00e+00	3.27e-01	4.76e+00
Ammonia g	1.75e+02	2.05e+01	1.95e+02	1.56e+02	2.72e+01	1.83e+02	6.75e+01	2.50e-01	7.83e+00	4.59e+02	3.57e+01	1.15e+01	4.72e+01	4.34e+02	5.94e+01	3.91e+02	8.85e+02
Ammonium chloride g	9.25e+00	0.00e+00	9.25e+00	4.19e-01	0.00e+00	4.19e-01	5.60e-01	0.00e+00	1.78e+00	8.96e+01	1.98e-01	0.00e+00	1.98e-01	1.04e+01	0.00e+00	8.91e+01	9.95e+01
Anthracene g	1.85e-03	0.00e+00	1.85e-03	8.96e-05	0.00e+00	8.96e-05	4.04e-05	0.00e+00	1.24e-04	6.26e-03	1.38e-05	0.00e+00	1.38e-05	2.00e-03	0.00e+00	6.22e-03	8.22e-03
Antimony g	3.11e-01	0.00e+00	3.11e-01	1.53e-02	0.00e+00	1.53e-02	4.60e-03	0.00e+00	1.07e-02	5.38e-01	1.19e-03	0.00e+00	1.19e-03	3.32e-01	0.00e+00	5.33e-01	8.66e-01
Arsenic g	4.00e+00	0.00e+00	4.00e+00	1.93e-01	0.00e+00	1.93e-01	8.42e-02	0.00e+00	2.74e-01	1.38e+01	3.01e-02	0.00e+00	3.01e-02	4.30e+00	0.00e+00	1.37e+01	1.80e+01
Benzene g	6.35e+02	0.00e+00	6.35e+02	1.61e+02	0.00e+00	1.61e+02	1.65e+00	0.00e+00	8.03e-01	4.18e+01	2.98e+01	0.00e+00	2.98e+01	8.28e+02	0.00e+00	4.02e+01	8.68e+02
Benzene, 1,2-dichloro- g	2.15e-07	0.00e+00	2.15e-07	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.43e-07	0.00e+00	0.00e+00	1.43e-07	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	3.58e-07	0.00e+00	0.00e+00	3.58e-07
Benzene, chloro- g	1.27e-01	0.00e+00	1.27e-01	6.33e-03	0.00e+00	6.33e-03	1.32e-04	0.00e+00	3.32e-08	1.34e-04	2.36e-09	0.00e+00	2.36e-09	1.33e-01	0.00e+00	1.66e-06	1.33e-01
Benzene, ethyl- g	6.08e-01	0.00e+00	6.08e-01	2.70e-02	0.00e+00	2.70e-02	4.52e-02	0.00e+00	1.42e-07	4.52e-02	1.01e-08	0.00e+00	1.01e-08	6.80e-01	0.00e+00	7.10e-06	6.80e-01
Benzo(a)anthracene g	7.07e-04	0.00e+00	7.07e-04	3.41e-05	0.00e+00	3.41e-05	1.54e-05	0.00e+00	4.74e-05	2.39e-03	5.27e-06	0.00e+00	5.27e-06	7.61e-04	0.00e+00	2.37e-03	3.13e-03

Continuação

	Product			Construction process			Use				End of life			Total effects			
	Manufacturing	Transport	Total	Construction-installation process	Transport	Total	Replacement manufacturing	Replacement transport	Operational energy use annual	Total	De-construction demolition	Transport	Total	Non-transport	Transport	Operational energy use	Total
Benzo(a)pyrene g	3.36e-04	0.00e+00	3.36e-04	1.62e-05	0.00e+00	1.62e-05	7.31e-06	0.00e+00	2.25e-05	1.13e-03	2.51e-06	0.00e+00	2.51e-06	3.62e-04	0.00e+00	1.13e-03	1.49e-03
Benzo(b,j,k)fluoranthene g	9.72e-04	0.00e+00	9.72e-04	4.69e-05	0.00e+00	4.69e-05	2.11e-05	0.00e+00	6.52e-05	3.28e-03	7.25e-06	0.00e+00	7.25e-06	1.05e-03	0.00e+00	3.26e-03	4.31e-03
Benzo(ghi)perylene g	2.38e-04	0.00e+00	2.38e-04	1.15e-05	0.00e+00	1.15e-05	5.19e-06	0.00e+00	1.60e-05	8.05e-04	1.78e-06	0.00e+00	1.78e-06	2.57e-04	0.00e+00	8.00e-04	1.06e-03
Benzyl chloride g	4.03e+00	0.00e+00	4.03e+00	2.01e-01	0.00e+00	2.01e-01	4.21e-03	0.00e+00	1.06e-06	4.26e-03	7.51e-08	0.00e+00	7.51e-08	4.24e+00	0.00e+00	5.29e-05	4.24e+00
Beryllium g	1.92e-01	0.00e+00	1.92e-01	9.29e-03	0.00e+00	9.29e-03	4.58e-03	0.00e+00	3.15e-02	1.58e+00	3.45e-03	0.00e+00	3.45e-03	2.10e-01	0.00e+00	1.58e+00	1.78e+00
Biphenyl g	1.50e-02	0.00e+00	1.50e-02	7.25e-04	0.00e+00	7.25e-04	3.27e-04	0.00e+00	1.01e-03	5.07e-02	1.12e-04	0.00e+00	1.12e-04	1.62e-02	0.00e+00	5.04e-02	6.66e-02
Bromoform g	2.25e-01	0.00e+00	2.25e-01	1.12e-02	0.00e+00	1.12e-02	2.34e-04	0.00e+00	5.89e-08	2.37e-04	4.18e-09	0.00e+00	4.18e-09	2.36e-01	0.00e+00	2.94e-06	2.36e-01
BTEX (Benzene, Toluene, Ethylbenzene, and	4.11e+01	0.00e+00	4.11e+01	2.46e-01	0.00e+00	2.46e-01	2.42e+01	0.00e+00	0.00e+00	2.42e+01	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	6.55e+01	0.00e+00	0.00e+00	6.55e+01
Butadiene g	4.05e-02	0.00e+00	4.05e-02	5.44e+00	0.00e+00	5.44e+00	1.33e-03	0.00e+00	0.00e+00	1.33e-03	1.25e+00	0.00e+00	1.25e+00	6.72e+00	0.00e+00	0.00e+00	6.72e+00
Butane g	3.59e+00	0.00e+00	3.59e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.39e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.39e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	5.98e+00	0.00e+00	0.00e+00	5.98e+00
Butyrolactone g	1.92e-11	0.00e+00	1.92e-11	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.28e-11	0.00e+00	0.00e+00	1.28e-11	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	3.19e-11	0.00e+00	0.00e+00	3.19e-11
Cadmium g	1.17e+00	0.00e+00	1.17e+00	4.24e-02	0.00e+00	4.24e-02	1.92e-02	0.00e+00	6.69e-02	3.37e+00	2.73e-01	0.00e+00	2.73e-01	1.51e+00	0.00e+00	3.35e+00	4.85e+00
Carbon dioxide, biogenic kg	3.77e+03	0.00e+00	3.77e+03	1.89e+02	0.00e+00	1.89e+02	4.21e+01	0.00e+00	0.00e+00	4.21e+01	4.20e-03	0.00e+00	4.20e-03	4.01e+03	0.00e+00	0.00e+00	4.01e+03
Carbon dioxide, biogenic, landfill kg	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	-8.85e+03	0.00e+00	-8.85e+03	-8.85e+03	0.00e+00	0.00e+00	-8.85e+03
Carbon dioxide, fossil kg	1.32e+05	3.30e+03	1.35e+05	2.91e+04	4.38e+03	3.35e+04	2.21e+03	4.03e+01	5.66e+03	2.85e+05	1.31e+04	1.85e+03	1.50e+04	1.76e+05	9.57e+03	2.83e+05	4.69e+05
Carbon dioxide, land transformation g	1.41e+00	0.00e+00	1.41e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	9.40e-01	0.00e+00	0.00e+00	9.40e-01	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.35e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.35e+00
Carbon disulfide g	7.52e-01	0.00e+00	7.52e-01	3.74e-02	0.00e+00	3.74e-02	2.81e-03	0.00e+00	1.96e-07	2.82e-03	1.39e-08	0.00e+00	1.39e-08	7.92e-01	0.00e+00	9.82e-06	7.92e-01
Carbon monoxide g	2.94e+04	0.00e+00	2.94e+04	3.63e+03	0.00e+00	3.63e+03	2.91e+03	0.00e+00	4.42e-01	2.93e+03	1.20e+05	0.00e+00	1.20e+05	1.56e+05	0.00e+00	2.21e+01	1.56e+05
Carbon monoxide, fossil g	8.61e+04	1.83e+04	1.04e+05	2.18e+05	2.42e+04	2.42e+05	1.52e+03	2.23e+02	6.49e+03	3.26e+05	4.96e+04	1.02e+04	5.98e+04	3.55e+05	5.29e+04	3.24e+05	7.32e+05
Chloride g	4.78e-08	0.00e+00	4.78e-08	2.40e-09	0.00e+00	2.40e-09	3.27e-10	0.00e+00	0.00e+00	3.27e-10	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	5.05e-08	0.00e+00	0.00e+00	5.05e-08
Chlorine g	1.76e+01	0.00e+00	1.76e+01	7.65e-01	0.00e+00	7.65e-01	1.71e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.71e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.01e+01	0.00e+00	0.00e+00	2.01e+01
Chloroform g	3.40e-01	0.00e+00	3.40e-01	1.70e-02	0.00e+00	1.70e-02	3.56e-04	0.00e+00	8.91e-08	3.61e-04	6.33e-09	0.00e+00	6.33e-09	3.57e-01	0.00e+00	4.45e-06	3.57e-01
Chromium g	4.55e+00	0.00e+00	4.55e+00	1.70e-01	0.00e+00	1.70e-01	6.56e-02	0.00e+00	1.96e-01	9.89e+00	-7.57e-01	0.00e+00	-7.57e-01	4.02e+00	0.00e+00	9.82e+00	1.38e+01
Chromium VI g	6.98e-01	0.00e+00	6.98e-01	3.37e-02	0.00e+00	3.37e-02	1.52e-02	0.00e+00	4.68e-02	2.36e+00	5.21e-03	0.00e+00	5.21e-03	7.52e-01	0.00e+00	2.34e+00	3.09e+00
Chrysene g	8.83e-04	0.00e+00	8.83e-04	4.27e-05	0.00e+00	4.27e-05	1.92e-05	0.00e+00	5.93e-05	2.98e-03	6.59e-06	0.00e+00	6.59e-06	9.52e-04	0.00e+00	2.96e-03	3.91e-03
Cobalt g	3.18e+00	0.00e+00	3.18e+00	1.56e-01	0.00e+00	1.56e-01	2.52e-02	0.00e+00	7.42e-02	3.73e+00	8.08e-03	0.00e+00	8.08e-03	3.37e+00	0.00e+00	3.71e+00	7.08e+00
Copper g	4.00e-02	0.00e+00	4.00e-02	6.27e-04	0.00e+00	6.27e-04	1.89e-02	0.00e+00	3.76e-02	1.90e+00	4.11e-03	0.00e+00	4.11e-03	6.36e-02	0.00e+00	1.88e+00	1.94e+00
Cumene g	8.93e-02	0.00e+00	8.93e-02	1.52e-03	0.00e+00	1.52e-03	3.92e-02	0.00e+00	8.00e-09	3.92e-02	5.68e-10	0.00e+00	5.68e-10	1.30e-01	0.00e+00	4.00e-07	1.30e-01
Cyanide g	1.44e+01	0.00e+00	1.44e+01	7.19e-01	0.00e+00	7.19e-01	2.33e-02	0.00e+00	3.78e-06	2.34e-02	5.23e-07	0.00e+00	5.23e-07	1.52e+01	0.00e+00	1.89e-04	1.52e+01
Dinitrogen monoxide g	4.38e+03	8.10e+01	4.46e+03	2.18e+02	1.09e+02	3.27e+02	8.35e+00	9.97e-01	5.66e+00	2.92e+02	6.39e-01	4.62e+01	4.68e+01	4.60e+03	2.37e+02	2.83e+02	5.12e+03
Dioxins, unspecified g	1.06e-03	0.00e+00	1.06e-03	1.20e-05	0.00e+00	1.20e-05	3.19e-06	0.00e+00	0.00e+00	3.19e-06	-5.65e-05	0.00e+00	-5.65e-05	1.02e-03	0.00e+00	0.00e+00	1.02e-03

Continuação

	Product			Construction process			Use				End of life			Total effects			
	Manufacturing	Transport	Total	Construction-installation process	Transport	Total	Replacement manufacturing	Replacement transport	Operational energy use annual	Total	De-construction demolition	Transport	Total	Non-transport	Transport	Operational energy use	Total
Dipropylthiocarbamic acid S-ethyl ester g	5.70e-05	0.00e+00	5.70e-05	2.87e-06	0.00e+00	2.87e-06	3.90e-07	0.00e+00	0.00e+00	3.90e-07	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	6.02e-05	0.00e+00	0.00e+00	6.02e-05
Ethane g	1.46e+01	0.00e+00	1.46e+01	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	9.73e+00	0.00e+00	0.00e+00	9.73e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.43e+01	0.00e+00	0.00e+00	2.43e+01
Ethane, 1,1,1,2-tetrafluoro-, HFC-134a g	1.15e-02	0.00e+00	1.15e-02	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	7.65e-03	0.00e+00	0.00e+00	7.65e-03	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.91e-02	0.00e+00	0.00e+00	1.91e-02
Ethane, 1,1,1-trichloro-, HCFC-140 g	1.15e-01	9.52e-05	1.16e-01	6.47e-03	1.26e-04	6.59e-03	1.25e-04	1.16e-06	3.38e-05	1.82e-03	1.65e-04	5.33e-05	2.18e-04	1.22e-01	2.76e-04	1.69e-03	1.24e-01
Ethane, 1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoro-, CFC-113 g	1.52e-10	0.00e+00	1.52e-10	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.01e-10	0.00e+00	0.00e+00	1.01e-10	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.53e-10	0.00e+00	0.00e+00	2.53e-10
Ethane, 1,1-difluoro-, HFC-152a g	1.60e-09	0.00e+00	1.60e-09	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.07e-09	0.00e+00	0.00e+00	1.07e-09	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.67e-09	0.00e+00	0.00e+00	2.67e-09
Ethane, 1,2-dibromo- g	6.91e-03	0.00e+00	6.91e-03	3.45e-04	0.00e+00	3.45e-04	7.21e-06	0.00e+00	1.81e-09	7.30e-06	1.29e-10	0.00e+00	1.29e-10	7.26e-03	0.00e+00	9.06e-08	7.26e-03
Ethane, 1,2-dichloro-g	2.31e-01	0.00e+00	2.31e-01	1.15e-02	0.00e+00	1.15e-02	3.56e-04	0.00e+00	6.04e-08	3.59e-04	4.29e-09	0.00e+00	4.29e-09	2.42e-01	0.00e+00	3.02e-06	2.42e-01
Ethane, 1,2-dichloro-1,1,2,2-tetrafluoro-, CFC-114 g	2.54e-05	0.00e+00	2.54e-05	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.70e-05	0.00e+00	0.00e+00	1.70e-05	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	4.24e-05	0.00e+00	0.00e+00	4.24e-05
Ethane, chloro- g	2.42e-01	0.00e+00	2.42e-01	1.21e-02	0.00e+00	1.21e-02	2.52e-04	0.00e+00	6.34e-08	2.56e-04	4.50e-09	0.00e+00	4.50e-09	2.54e-01	0.00e+00	3.17e-06	2.54e-01
Ethane, hexafluoro-, HFC-116 g	3.59e-05	0.00e+00	3.59e-05	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.39e-05	0.00e+00	0.00e+00	2.39e-05	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	5.98e-05	0.00e+00	0.00e+00	5.98e-05
Ethanol g	9.53e-04	0.00e+00	9.53e-04	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	6.36e-04	0.00e+00	0.00e+00	6.36e-04	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.59e-03	0.00e+00	0.00e+00	1.59e-03
Ethene g	1.32e-01	0.00e+00	1.32e-01	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	8.78e-02	0.00e+00	0.00e+00	8.78e-02	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.20e-01	0.00e+00	0.00e+00	2.20e-01
Ethene, chloro- g	8.04e+00	0.00e+00	8.04e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	5.36e+00	0.00e+00	0.00e+00	5.36e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.34e+01	0.00e+00	0.00e+00	1.34e+01
Ethene, tetrachloro-g	4.06e-01	0.00e+00	4.06e-01	1.96e-02	0.00e+00	1.96e-02	8.39e-03	0.00e+00	2.91e-02	1.46e+00	3.23e-03	0.00e+00	3.23e-03	4.38e-01	0.00e+00	1.45e+00	1.89e+00
Ethene, trichloro- g	3.56e-05	0.00e+00	3.56e-05	5.67e-11	0.00e+00	5.67e-11	2.38e-05	0.00e+00	0.00e+00	2.38e-05	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	5.94e-05	0.00e+00	0.00e+00	5.94e-05
Ethyl acetate g	5.97e-06	0.00e+00	5.97e-06	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	3.98e-06	0.00e+00	0.00e+00	3.98e-06	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	9.94e-06	0.00e+00	0.00e+00	9.94e-06
Ethylamine g	1.02e-07	0.00e+00	1.02e-07	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	6.82e-08	0.00e+00	0.00e+00	6.82e-08	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.71e-07	0.00e+00	0.00e+00	1.71e-07
Ethylene oxide g	4.44e-05	0.00e+00	4.44e-05	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.96e-05	0.00e+00	0.00e+00	2.96e-05	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	7.39e-05	0.00e+00	0.00e+00	7.39e-05
Fluoranthene g	6.27e-03	0.00e+00	6.27e-03	3.03e-04	0.00e+00	3.03e-04	1.37e-04	0.00e+00	4.21e-04	2.12e-02	4.68e-05	0.00e+00	4.68e-05	6.76e-03	0.00e+00	2.10e-02	2.78e-02
Fluorene g	9.67e-03	0.00e+00	9.67e-03	3.88e-04	0.00e+00	3.88e-04	1.26e-03	0.00e+00	5.39e-04	2.82e-02	6.00e-05	0.00e+00	6.00e-05	1.14e-02	0.00e+00	2.70e-02	3.83e-02
Fluoride g	2.57e+02	0.00e+00	2.57e+02	1.28e+01	0.00e+00	1.28e+01	2.81e-01	0.00e+00	4.01e-02	2.29e+00	4.46e-03	0.00e+00	4.46e-03	2.70e+02	0.00e+00	2.00e+00	2.72e+02
Formaldehyde g	1.43e+02	0.00e+00	1.43e+02	1.71e+02	0.00e+00	1.71e+02	1.46e+00	0.00e+00	1.38e+00	7.02e+01	3.76e+01	0.00e+00	3.76e+01	3.53e+02	0.00e+00	6.88e+01	4.22e+02
Formic acid g	8.08e-04	0.00e+00	8.08e-04	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	5.39e-04	0.00e+00	0.00e+00	5.39e-04	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.35e-03	0.00e+00	0.00e+00	1.35e-03
Furan g	2.45e-04	0.00e+00	2.45e-04	6.96e-07	0.00e+00	6.96e-07	1.54e-04	0.00e+00	2.96e-06	3.02e-04	3.30e-07	0.00e+00	3.30e-07	4.00e-04	0.00e+00	1.48e-04	5.48e-04
Heptane g	6.60e-01	0.00e+00	6.60e-01	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	4.40e-01	0.00e+00	0.00e+00	4.40e-01	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.10e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.10e+00
Hexane g	1.79e+00	0.00e+00	1.79e+00	1.93e-02	0.00e+00	1.93e-02	9.37e-01	0.00e+00	1.01e-07	9.37e-01	7.19e-09	0.00e+00	7.19e-09	2.75e+00	0.00e+00	5.06e-06	2.75e+00
Hydrazine, methyl- g	9.79e-01	0.00e+00	9.79e-01	4.89e-02	0.00e+00	4.89e-02	1.02e-03	0.00e+00	2.57e-07	1.03e-03	1.82e-08	0.00e+00	1.82e-08	1.03e+00	0.00e+00	1.28e-05	1.03e+00

Continuação

	Product			Construction process			Use				End of life			Total effects			
	Manufacturing	Transport	Total	Construction-installation process	Transport	Total	Replacement manufacturing	Replacement transport	Operational energy use annual	Total	De-construction demolition	Transport	Total	Non-transport	Transport	Operational energy use	Total
Hydrocarbons, unspecified g	2.62e+05	0.00e+00	2.62e+05	1.31e+04	0.00e+00	1.31e+04	1.31e+01	0.00e+00	1.03e+01	5.27e+02	1.14e+00	0.00e+00	1.14e+00	2.75e+05	0.00e+00	5.14e+02	2.76e+05
Hydrogen chloride g	8.03e+03	0.00e+00	8.03e+03	3.72e+02	0.00e+00	3.72e+02	2.68e+02	0.00e+00	7.44e+02	3.75e+04	2.50e+02	0.00e+00	2.50e+02	8.92e+03	0.00e+00	3.72e+04	4.61e+04
Hydrogen fluoride g	1.08e+03	0.00e+00	1.08e+03	5.10e+01	0.00e+00	5.10e+01	3.70e+01	0.00e+00	8.89e+01	4.48e+03	9.89e+00	0.00e+00	9.89e+00	1.18e+03	0.00e+00	4.44e+03	5.62e+03
Hydrogen sulfide g	2.14e+02	0.00e+00	2.14e+02	-4.58e+01	0.00e+00	-4.58e+01	1.56e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.56e+00	1.98e+03	0.00e+00	1.98e+03	2.15e+03	0.00e+00	0.00e+00	2.15e+03
Indeno(1,2,3-cd)pyrene g	5.39e-04	0.00e+00	5.39e-04	2.60e-05	0.00e+00	2.60e-05	1.17e-05	0.00e+00	3.61e-05	1.82e-03	4.02e-06	0.00e+00	4.02e-06	5.81e-04	0.00e+00	1.81e-03	2.39e-03
Isophorone g	3.34e+00	0.00e+00	3.34e+00	1.67e-01	0.00e+00	1.67e-01	3.49e-03	0.00e+00	8.76e-07	3.53e-03	6.22e-08	0.00e+00	6.22e-08	3.51e+00	0.00e+00	4.38e-05	3.51e+00
Isoprene g	1.57e+00	0.00e+00	1.57e+00	7.87e-02	0.00e+00	7.87e-02	1.07e-02	0.00e+00	0.00e+00	1.07e-02	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.66e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.66e+00
Isopropylamine g	1.30e-09	0.00e+00	1.30e-09	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	8.68e-10	0.00e+00	0.00e+00	8.68e-10	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.17e-09	0.00e+00	0.00e+00	2.17e-09
Kerosene g	4.43e+00	0.00e+00	4.43e+00	2.01e-01	0.00e+00	2.01e-01	2.69e-01	0.00e+00	8.53e-01	4.29e+01	9.49e-02	0.00e+00	9.49e-02	5.00e+00	0.00e+00	4.27e+01	4.77e+01
Lead g	2.72e+01	0.00e+00	2.72e+01	9.66e-01	0.00e+00	9.66e-01	1.21e-01	0.00e+00	3.16e-01	1.59e+01	9.66e+00	0.00e+00	9.66e+00	3.80e+01	0.00e+00	1.58e+01	5.38e+01
m-Xylene g	3.24e-03	0.00e+00	3.24e-03	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.16e-03	0.00e+00	0.00e+00	2.16e-03	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	5.41e-03	0.00e+00	0.00e+00	5.41e-03
Magnesium g	9.72e+01	0.00e+00	9.72e+01	4.69e+00	0.00e+00	4.69e+00	2.13e+00	0.00e+00	6.52e+00	3.28e+02	7.25e-01	0.00e+00	7.25e-01	1.05e+02	0.00e+00	3.26e+02	4.31e+02
Manganese g	3.55e+01	0.00e+00	3.55e+01	1.77e+00	0.00e+00	1.77e+00	3.34e-01	0.00e+00	3.41e-01	1.74e+01	3.72e-02	0.00e+00	3.72e-02	3.77e+01	0.00e+00	1.70e+01	5.47e+01
Mercaptans, unspecified g	1.25e+03	0.00e+00	1.25e+03	6.24e+01	0.00e+00	6.24e+01	1.30e+00	0.00e+00	3.28e-04	1.32e+00	2.33e-05	0.00e+00	2.33e-05	1.31e+03	0.00e+00	1.64e-02	1.31e+03
Mercury g	9.88e+00	0.00e+00	9.88e+00	4.15e-01	0.00e+00	4.15e-01	4.87e-02	0.00e+00	7.23e-02	3.66e+00	-4.45e-02	0.00e+00	-4.45e-02	1.03e+01	0.00e+00	3.61e+00	1.39e+01
Metals, unspecified g	1.07e+03	0.00e+00	1.07e+03	5.36e+01	0.00e+00	5.36e+01	5.64e+00	0.00e+00	0.00e+00	5.64e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.13e+03	0.00e+00	0.00e+00	1.13e+03
Methacrylic acid, methyl ester g	1.15e-01	0.00e+00	1.15e-01	5.75e-03	0.00e+00	5.75e-03	1.20e-04	0.00e+00	3.02e-08	1.22e-04	2.15e-09	0.00e+00	2.15e-09	1.21e-01	0.00e+00	1.51e-06	1.21e-01
Methane g	1.43e+05	0.00e+00	1.43e+05	5.28e+03	0.00e+00	5.28e+03	8.07e+03	0.00e+00	1.34e+04	6.78e+05	2.34e+04	0.00e+00	2.34e+04	1.79e+05	0.00e+00	6.70e+05	8.49e+05
Methane, biogenic, landfill g	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	9.62e+04	0.00e+00	9.62e+04	9.62e+04	0.00e+00	0.00e+00	9.62e+04
Methane, bromo-, Halon 1001 g	9.21e-01	0.00e+00	9.21e-01	4.60e-02	0.00e+00	4.60e-02	9.61e-04	0.00e+00	2.42e-07	9.74e-04	1.72e-08	0.00e+00	1.72e-08	9.68e-01	0.00e+00	1.21e-05	9.68e-01
Methane, bromochlorodifluoro-, Halon 1211 g	4.28e-03	0.00e+00	4.28e-03	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.85e-03	0.00e+00	0.00e+00	2.85e-03	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	7.14e-03	0.00e+00	0.00e+00	7.14e-03
Methane, bromotrifluoro-, Halon 1301 g	1.72e-03	0.00e+00	1.72e-03	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.15e-03	0.00e+00	0.00e+00	1.15e-03	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.87e-03	0.00e+00	0.00e+00	2.87e-03
Methane, chlorodifluoro-, HCFC-22 g	1.46e-02	0.00e+00	1.46e-02	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	9.76e-03	0.00e+00	0.00e+00	9.76e-03	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.44e-02	0.00e+00	0.00e+00	2.44e-02
Methane, dichloro-, HCC-30 g	9.94e+00	0.00e+00	9.94e+00	4.93e-01	0.00e+00	4.93e-01	1.00e-01	0.00e+00	3.85e-01	1.93e+01	4.23e-02	0.00e+00	4.23e-02	1.06e+01	0.00e+00	1.92e+01	2.98e+01
Methane, dichlorodifluoro-, CFC-12 g	3.92e-04	1.16e-04	5.08e-04	8.88e-04	1.54e-04	1.04e-03	1.58e-05	1.42e-06	4.18e-05	2.11e-03	2.04e-04	6.49e-05	2.69e-04	1.50e-03	3.36e-04	2.09e-03	3.93e-03
Methane, dichlorofluoro-, HCFC-21 g	1.01e-12	0.00e+00	1.01e-12	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	6.75e-13	0.00e+00	0.00e+00	6.75e-13	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.69e-12	0.00e+00	0.00e+00	1.69e-12
Methane, fossil g	1.98e+04	3.68e+03	2.34e+04	2.90e+04	4.88e+03	3.39e+04	1.09e+03	4.50e+01	2.69e+03	1.36e+05	6.60e+03	2.06e+03	8.67e+03	5.64e+04	1.07e+04	1.35e+05	2.02e+05

Continuação

	Product			Construction process			Use				End of life			Total effects			
	Manufacturing	Transport	Total	Construction-installation process	Transport	Total	Replacement manufacturing	Replacement transport	Operational energy use annual	Total	De-construction demolition	Transport	Total	Non-transport	Transport	Operational energy use	Total
Methane, monochloro-, R-40 g	3.05e+00	0.00e+00	3.05e+00	1.52e-01	0.00e+00	1.52e-01	3.18e-03	0.00e+00	8.00e-07	3.22e-03	5.68e-08	0.00e+00	5.68e-08	3.21e+00	0.00e+00	4.00e-05	3.21e+00
Methane, tetrachloro-, CFC-10 g	1.80e-02	1.25e-05	1.80e-02	8.91e-05	1.64e-05	1.06e-04	1.20e-02	1.53e-07	4.18e-06	1.22e-02	2.04e-05	6.94e-06	2.73e-05	3.00e-02	3.61e-05	2.09e-04	3.03e-02
Methane, tetrafluoro-, CFC-14 g	3.23e-04	0.00e+00	3.23e-04	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.15e-04	0.00e+00	0.00e+00	2.15e-04	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	5.38e-04	0.00e+00	0.00e+00	5.38e-04
Methane, trichlorofluoro-, CFC-11 g	1.64e-12	0.00e+00	1.64e-12	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.10e-12	0.00e+00	0.00e+00	1.10e-12	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.74e-12	0.00e+00	0.00e+00	2.74e-12
Methane, trifluoro-, HFC-23 g	3.22e-10	0.00e+00	3.22e-10	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.15e-10	0.00e+00	0.00e+00	2.15e-10	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	5.37e-10	0.00e+00	0.00e+00	5.37e-10
Methanol g	1.94e-02	0.00e+00	1.94e-02	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.29e-02	0.00e+00	0.00e+00	1.29e-02	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	3.23e-02	0.00e+00	0.00e+00	3.23e-02
Methyl acetate g	3.37e-10	0.00e+00	3.37e-10	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.25e-10	0.00e+00	0.00e+00	2.25e-10	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	5.62e-10	0.00e+00	0.00e+00	5.62e-10
Methyl acrylate g	3.63e-09	0.00e+00	3.63e-09	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.42e-09	0.00e+00	0.00e+00	2.42e-09	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	6.05e-09	0.00e+00	0.00e+00	6.05e-09
Methyl amine g	1.50e-08	0.00e+00	1.50e-08	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	9.99e-09	0.00e+00	0.00e+00	9.99e-09	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.50e-08	0.00e+00	0.00e+00	2.50e-08
Methyl ethyl ketone g	2.25e+00	0.00e+00	2.25e+00	1.12e-01	0.00e+00	1.12e-01	2.35e-03	0.00e+00	5.89e-07	2.38e-03	4.18e-08	0.00e+00	4.18e-08	2.36e+00	0.00e+00	2.94e-05	2.36e+00
Methyl formate g	5.48e-08	0.00e+00	5.48e-08	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	3.66e-08	0.00e+00	0.00e+00	3.66e-08	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	9.14e-08	0.00e+00	0.00e+00	9.14e-08
Methyl lactate g	1.15e-07	0.00e+00	1.15e-07	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	7.68e-08	0.00e+00	0.00e+00	7.68e-08	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.92e-07	0.00e+00	0.00e+00	1.92e-07
Methyl methacrylate g	5.12e-08	0.00e+00	5.12e-08	1.63e-10	0.00e+00	1.63e-10	3.20e-08	0.00e+00	0.00e+00	3.20e-08	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	8.34e-08	0.00e+00	0.00e+00	8.34e-08
Monoethanolamine g	3.19e-06	0.00e+00	3.19e-06	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.13e-06	0.00e+00	0.00e+00	2.13e-06	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	5.32e-06	0.00e+00	0.00e+00	5.32e-06
Naphthalene g	2.43e+00	0.00e+00	2.43e+00	1.21e-01	0.00e+00	1.21e-01	1.96e-02	0.00e+00	1.97e-02	1.00e+00	1.30e-03	0.00e+00	1.30e-03	2.57e+00	0.00e+00	9.84e-01	3.56e+00
Nickel g	3.41e+01	0.00e+00	3.41e+01	1.67e+00	0.00e+00	1.67e+00	1.41e-01	0.00e+00	4.08e-01	2.06e+01	4.16e-02	0.00e+00	4.16e-02	3.59e+01	0.00e+00	2.04e+01	5.63e+01
Nitrate g	2.10e-04	0.00e+00	2.10e-04	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.40e-04	0.00e+00	0.00e+00	1.40e-04	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	3.50e-04	0.00e+00	0.00e+00	3.50e-04
Nitrobenzene g	6.33e-07	0.00e+00	6.33e-07	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	4.22e-07	0.00e+00	0.00e+00	4.22e-07	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.06e-06	0.00e+00	0.00e+00	1.06e-06
Nitrogen dioxide g	-1.33e+00	0.00e+00	-1.33e+00	-1.86e+00	0.00e+00	-1.86e+00	-1.24e-03	0.00e+00	0.00e+00	-1.24e-03	7.60e+01	0.00e+00	7.60e+01	7.28e+01	0.00e+00	0.00e+00	7.28e+01
Nitrogen oxides g	3.24e+05	2.37e+04	3.48e+05	4.69e+05	2.97e+04	4.99e+05	4.58e+03	2.87e+02	8.21e+03	4.15e+05	1.10e+05	1.25e+04	1.22e+05	9.08e+05	6.62e+04	4.11e+05	1.38e+06
Nitrous oxides g	1.10e+02	0.00e+00	1.10e+02	4.30e-01	0.00e+00	4.30e-01	1.05e-01	0.00e+00	0.00e+00	1.05e-01	2.80e+01	0.00e+00	2.80e+01	1.38e+02	0.00e+00	0.00e+00	1.38e+02
NMVOC, non-methane volatile organic compounds, unspecified origin g	3.49e+03	0.00e+00	3.49e+03	5.15e+00	0.00e+00	5.15e+00	6.55e+02	0.00e+00	0.00e+00	6.55e+02	8.46e+02	0.00e+00	8.46e+02	5.00e+03	0.00e+00	0.00e+00	5.00e+03
Organic acids g	3.40e-02	0.00e+00	3.40e-02	1.54e-03	0.00e+00	1.54e-03	2.06e-03	0.00e+00	6.55e-03	3.29e-01	7.28e-04	0.00e+00	7.28e-04	3.83e-02	0.00e+00	3.27e-01	3.66e-01
Organic substances, unspecified g	8.19e+01	0.00e+00	8.19e+01	2.59e+00	0.00e+00	2.59e+00	1.99e+01	0.00e+00	3.59e+00	1.99e+02	3.99e-01	0.00e+00	3.99e-01	1.05e+02	0.00e+00	1.79e+02	2.84e+02
PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons g	2.40e-01	0.00e+00	2.40e-01	2.34e+01	0.00e+00	2.34e+01	7.21e-03	0.00e+00	0.00e+00	7.21e-03	5.35e+00	0.00e+00	5.35e+00	2.90e+01	0.00e+00	0.00e+00	2.90e+01

Continuação

	Product			Construction process			Use				End of life			Total effects			
	Manufacturing	Transport	Total	Construction-installation process	Transport	Total	Replacement manufacturing	Replacement transport	Operational energy use annual	Total	De-construction demolition	Transport	Total	Non-transport	Transport	Operational energy use	Total
Particulates, < 2.5 um g	2.92e+05	2.34e+02	2.92e+05	1.35e+04	3.10e+02	1.38e+04	1.88e+03	2.86e+00	2.04e+03	1.04e+05	9.12e+03	1.31e+02	9.25e+03	3.17e+05	6.78e+02	1.02e+05	4.19e+05
Particulates, > 2.5 um, and < 10um g	3.49e+04	4.17e+02	3.53e+04	1.55e+04	5.06e+02	1.60e+04	2.49e+02	5.02e+00	2.79e+02	1.42e+04	3.18e+03	2.13e+02	3.39e+03	5.38e+04	1.14e+03	1.39e+04	6.89e+04
Pentane g	3.57e+00	0.00e+00	3.57e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.38e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.38e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	5.95e+00	0.00e+00	0.00e+00	5.95e+00
Phenanthrene g	2.38e-02	0.00e+00	2.38e-02	1.15e-03	0.00e+00	1.15e-03	5.19e-04	0.00e+00	1.60e-03	8.05e-02	1.78e-04	0.00e+00	1.78e-04	2.57e-02	0.00e+00	8.00e-02	1.06e-01
Phenol g	1.70e-01	0.00e+00	1.70e-01	6.39e-03	0.00e+00	6.39e-03	2.86e-02	0.00e+00	2.42e-08	2.86e-02	1.72e-09	0.00e+00	1.72e-09	2.05e-01	0.00e+00	1.21e-06	2.05e-01
Phenols, unspecified g	2.48e+00	0.00e+00	2.48e+00	1.23e-01	0.00e+00	1.23e-01	1.44e-02	0.00e+00	1.70e-01	8.50e+00	1.86e-02	0.00e+00	1.86e-02	2.63e+00	0.00e+00	8.49e+00	1.11e+01
Phosphate g	4.08e-02	0.00e+00	4.08e-02	2.05e-03	0.00e+00	2.05e-03	2.79e-04	0.00e+00	0.00e+00	2.79e-04	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	4.31e-02	0.00e+00	0.00e+00	4.31e-02
Phosphorus g	9.44e-03	0.00e+00	9.44e-03	7.85e-10	0.00e+00	7.85e-10	6.34e-03	0.00e+00	0.00e+00	6.34e-03	1.60e-08	0.00e+00	1.60e-08	1.58e-02	0.00e+00	0.00e+00	1.58e-02
Phthalate, dioctyl-g	4.20e-01	0.00e+00	4.20e-01	2.10e-02	0.00e+00	2.10e-02	4.39e-04	0.00e+00	1.10e-07	4.44e-04	7.83e-09	0.00e+00	7.83e-09	4.42e-01	0.00e+00	5.51e-06	4.42e-01
Propanal g	2.19e+00	0.00e+00	2.19e+00	1.09e-01	0.00e+00	1.09e-01	2.30e-03	0.00e+00	5.74e-07	2.32e-03	4.08e-08	0.00e+00	4.08e-08	2.30e+00	0.00e+00	2.87e-05	2.30e+00
Propane g	7.01e+00	0.00e+00	7.01e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	4.68e+00	0.00e+00	0.00e+00	4.68e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.17e+01	0.00e+00	0.00e+00	1.17e+01
Propene g	2.83e+00	0.00e+00	2.83e+00	3.59e+02	0.00e+00	3.59e+02	1.90e-01	0.00e+00	0.00e+00	1.90e-01	8.22e+01	0.00e+00	8.22e+01	4.44e+02	0.00e+00	0.00e+00	4.44e+02
Propionic acid g	9.83e-05	0.00e+00	9.83e-05	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	6.55e-05	0.00e+00	0.00e+00	6.55e-05	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.64e-04	0.00e+00	0.00e+00	1.64e-04
Propylene oxide g	1.05e-04	0.00e+00	1.05e-04	2.31e-11	0.00e+00	2.31e-11	6.99e-05	0.00e+00	0.00e+00	6.99e-05	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.75e-04	0.00e+00	0.00e+00	1.75e-04
Pyrene g	2.91e-03	0.00e+00	2.91e-03	1.41e-04	0.00e+00	1.41e-04	6.34e-05	0.00e+00	1.96e-04	9.84e-03	2.18e-05	0.00e+00	2.18e-05	3.14e-03	0.00e+00	9.78e-03	1.29e-02
Radioactive species, unspecified MBq	1.74e+02	0.00e+00	1.74e+02	7.89e+00	0.00e+00	7.89e+00	1.06e+01	0.00e+00	3.36e+01	1.69e+03	3.73e+00	0.00e+00	3.73e+00	1.97e+02	0.00e+00	1.68e+03	1.88e+03
Radionuclides (Including Radon) g	2.48e+02	0.00e+00	2.48e+02	1.12e+01	0.00e+00	1.12e+01	1.50e+01	0.00e+00	4.77e+01	2.40e+03	5.31e+00	0.00e+00	5.31e+00	2.79e+02	0.00e+00	2.39e+03	2.66e+03
Selenium g	1.18e+01	0.00e+00	1.18e+01	5.71e-01	0.00e+00	5.71e-01	2.53e-01	0.00e+00	8.66e-01	4.36e+01	9.62e-02	0.00e+00	9.62e-02	1.27e+01	0.00e+00	4.33e+01	5.61e+01
Styrene g	1.44e-01	0.00e+00	1.44e-01	7.19e-03	0.00e+00	7.19e-03	1.56e-04	0.00e+00	3.78e-08	1.58e-04	2.68e-09	0.00e+00	2.68e-09	1.51e-01	0.00e+00	1.89e-06	1.51e-01
Sulfur dioxide g	4.02e+05	0.00e+00	4.02e+05	1.70e+04	0.00e+00	1.70e+04	1.61e+04	0.00e+00	3.56e+04	1.79e+06	1.18e+04	0.00e+00	1.18e+04	4.47e+05	0.00e+00	1.78e+06	2.23e+06
Sulfur oxides g	6.23e+04	3.02e+03	6.53e+04	2.61e+04	4.00e+03	3.01e+04	5.22e+02	3.69e+01	1.11e+03	5.59e+04	5.17e+03	1.69e+03	6.86e+03	9.41e+04	8.75e+03	5.53e+04	1.58e+05
Sulfur trioxide g	5.10e-06	0.00e+00	5.10e-06	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	3.40e-06	0.00e+00	0.00e+00	3.40e-06	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	8.49e-06	0.00e+00	0.00e+00	8.49e-06
Sulfuric acid g	6.72e-09	0.00e+00	6.72e-09	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	4.48e-09	0.00e+00	0.00e+00	4.48e-09	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.12e-08	0.00e+00	0.00e+00	1.12e-08
Sulfuric acid, dimethyl ester g	2.76e-01	0.00e+00	2.76e-01	1.38e-02	0.00e+00	1.38e-02	2.88e-04	0.00e+00	7.25e-08	2.92e-04	5.15e-09	0.00e+00	5.15e-09	2.91e-01	0.00e+00	3.62e-06	2.91e-01
t-Butyl methyl ether g	2.02e-01	0.00e+00	2.02e-01	1.01e-02	0.00e+00	1.01e-02	2.77e-04	0.00e+00	5.29e-08	2.80e-04	3.75e-09	0.00e+00	3.75e-09	2.12e-01	0.00e+00	2.64e-06	2.12e-01
Tar g	5.37e-08	0.00e+00	5.37e-08	2.70e-09	0.00e+00	2.70e-09	3.68e-10	0.00e+00	0.00e+00	3.68e-10	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	5.68e-08	0.00e+00	0.00e+00	5.68e-08
Terpenes g	1.01e-04	0.00e+00	1.01e-04	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	6.71e-05	0.00e+00	0.00e+00	6.71e-05	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.68e-04	0.00e+00	0.00e+00	1.68e-04
TOC, Total Organic Carbon g	7.87e+01	0.00e+00	7.87e+01	3.96e+00	0.00e+00	3.96e+00	5.38e-01	0.00e+00	0.00e+00	5.38e-01	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	8.32e+01	0.00e+00	0.00e+00	8.32e+01
Toluene g	2.23e+00	0.00e+00	2.23e+00	5.69e+01	0.00e+00	5.69e+01	3.00e-01	0.00e+00	3.62e-07	3.00e-01	1.30e+01	0.00e+00	1.30e+01	7.25e+01	0.00e+00	1.81e-05	7.25e+01
Toluene, 2,4-dinitro- g	1.61e-03	0.00e+00	1.61e-03	8.05e-05	0.00e+00	8.05e-05	1.68e-06	0.00e+00	4.23e-10	1.70e-06	3.00e-11	0.00e+00	3.00e-11	1.69e-03	0.00e+00	2.11e-08	1.69e-03
Toluene, 2-chloro-g	1.89e-07	0.00e+00	1.89e-07	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.26e-07	0.00e+00	0.00e+00	1.26e-07	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	3.16e-07	0.00e+00	0.00e+00	3.16e-07

Continuação

	Product			Construction process			Use				End of life			Total effects			
	Manufacturing	Transport	Total	Construction-installation process	Transport	Total	Replacement manufacturing	Replacement transport	Operational energy use annual	Total	De-construction demolition	Transport	Total	Non-transport	Transport	Operational energy use	Total
Trimethylamine g	6.01e-10	0.00e+00	6.01e-10	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	4.00e-10	0.00e+00	0.00e+00	4.00e-10	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.00e-09	0.00e+00	0.00e+00	1.00e-09
Vinyl acetate g	4.38e-02	0.00e+00	4.38e-02	2.19e-03	0.00e+00	2.19e-03	4.57e-05	0.00e+00	1.15e-08	4.62e-05	8.15e-10	0.00e+00	8.15e-10	4.60e-02	0.00e+00	5.74e-07	4.60e-02
VOC, volatile organic compounds g	1.95e+04	1.12e+03	2.06e+04	1.31e+04	1.44e+03	1.45e+04	3.92e+02	1.34e+01	6.75e+02	3.41e+04	2.61e+03	6.09e+02	3.22e+03	3.56e+04	3.18e+03	3.37e+04	7.25e+04
Xylene g	7.51e-01	0.00e+00	7.51e-01	3.96e+01	0.00e+00	3.96e+01	1.72e-01	0.00e+00	5.59e-08	1.72e-01	9.08e+00	0.00e+00	9.08e+00	4.96e+01	0.00e+00	2.79e-06	4.96e+01
Zinc g	9.66e-02	0.00e+00	9.66e-02	2.27e-03	0.00e+00	2.27e-03	3.48e-02	0.00e+00	2.51e-02	1.29e+00	2.74e-03	0.00e+00	2.74e-03	1.36e-01	0.00e+00	1.25e+00	1.39e+00

VI. Modelo B: quantificação das emissões para o solo

	Product			Construction process			Use				End of life			Total effects			
	Manufacturing	Transport	Total	Construction-installation process	Transport	Total	Replacement manufacturing	Replacement transport	Operational energy use annual	Total	De-construction demolition	Transport	Total	Non-transport	Transport	Operational energy use	Total
Bark/Wood Waste kg	1.53e+02	0.00e+00	1.53e+02	1.90e+03	0.00e+00	1.90e+03	1.05e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.05e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.06e+03	0.00e+00	0.00e+00	2.06e+03
Concrete Solid Waste kg	1.35e+04	0.00e+00	1.35e+04	4.47e+03	0.00e+00	4.47e+03	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.79e+04	0.00e+00	0.00e+00	1.79e+04
Blast Furnace Dust kg	7.34e+02	0.00e+00	7.34e+02	3.67e+01	0.00e+00	3.67e+01	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	7.71e+02	0.00e+00	0.00e+00	7.71e+02
Steel Waste kg	4.66e+00	0.00e+00	4.66e+00	1.17e+01	0.00e+00	1.17e+01	3.11e+00	0.00e+00	0.00e+00	3.11e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.95e+01	0.00e+00	0.00e+00	1.95e+01
Other Solid Waste kg	6.31e+03	3.18e+01	6.34e+03	5.13e+02	4.21e+01	5.55e+02	5.10e+02	3.88e-01	3.57e+02	1.84e+04	9.20e+01	1.78e+01	1.10e+02	7.43e+03	9.21e+01	1.78e+04	2.54e+04

Anexo E - Análise do Inventário do Ciclo de Vida (“Life Cycle Inventory Analysis” - LCI): Recursos

I. Modelo A: quantificação dos recursos energéticos

	Product			Construction process			Use				End of life			Total effects			
	Manufacturing	Transport	Total	Construction-installation process	Transport	Total	Replacement manufacturing	Replacement transport	Operational energy use annual	Total	De-construction demolition	Transport	Total	Non-transport	Transport	Operational energy use	Total
Hydro MJ	1.22e+03	2.20e+00	1.22e+03	8.14e+01	7.49e+00	8.89e+01	2.39e+02	2.44e-01	7.22e+02	3.63e+04	3.37e+01	1.28e+00	3.50e+01	1.57e+03	1.12e+01	3.61e+04	3.77e+04
Coal MJ	1.24e+05	3.21e+01	1.24e+05	4.18e+03	1.09e+02	4.29e+03	1.00e+04	3.57e+00	2.91e+04	1.47e+06	-1.55e+04	1.87e+01	-1.54e+04	1.23e+05	1.64e+02	1.46e+06	1.58e+06
Diesel MJ	1.35e+04	4.68e+03	1.82e+04	1.04e+04	1.58e+04	2.61e+04	1.26e+03	5.23e+02	1.57e+04	7.86e+05	8.88e+03	2.69e+03	1.16e+04	3.40e+04	2.37e+04	7.84e+05	8.42e+05
Feedstock MJ	6.42e+03	0.00e+00	6.42e+03	3.16e+02	0.00e+00	3.16e+02	9.71e+01	0.00e+00	0.00e+00	9.71e+01	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	6.83e+03	0.00e+00	0.00e+00	6.83e+03
Gasoline MJ	1.41e+00	0.00e+00	1.41e+00	1.31e+00	0.00e+00	1.31e+00	3.04e-01	0.00e+00	0.00e+00	3.04e-01	1.20e+02	0.00e+00	1.20e+02	1.23e+02	0.00e+00	0.00e+00	1.23e+02
Heavy Fuel Oil MJ	2.09e+04	2.88e+02	2.12e+04	8.51e+02	3.68e+02	1.22e+03	8.21e+01	3.95e+01	4.19e+02	2.11e+04	8.13e+02	6.17e+01	8.75e+02	2.27e+04	7.57e+02	2.09e+04	4.44e+04
LPG MJ	2.04e+03	4.81e+00	2.05e+03	1.83e+02	1.63e+01	2.00e+02	1.52e+01	5.34e-01	5.44e+01	2.74e+03	9.92e+00	2.79e+00	1.27e+01	2.25e+03	2.45e+01	2.72e+03	5.00e+03
Natural Gas MJ	1.01e+05	1.96e+02	1.01e+05	4.20e+03	6.67e+02	4.87e+03	1.49e+04	2.18e+01	3.77e+04	1.90e+06	3.42e+03	1.14e+02	3.53e+03	1.24e+05	9.99e+02	1.88e+06	2.01e+06
Nuclear MJ	3.67e+04	8.50e+00	3.67e+04	1.16e+03	2.88e+01	1.19e+03	2.44e+03	9.44e-01	7.03e+03	3.54e+05	6.96e+03	4.92e+00	6.97e+03	4.72e+04	4.32e+01	3.51e+05	3.99e+05
Wood MJ	2.36e+04	0.00e+00	2.36e+04	1.19e+03	0.00e+00	1.19e+03	3.06e+02	0.00e+00	0.00e+00	3.06e+02	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.51e+04	0.00e+00	0.00e+00	2.51e+04
Total Primary Energy Consumption MJ	3.30e+05	5.21e+03	3.35e+05	2.25e+04	1.70e+04	3.95e+04	2.94e+04	5.89e+02	9.07e+04	4.56e+06	4.79e+03	2.89e+03	7.68e+03	3.86e+05	2.56e+04	4.53e+06	4.95e+06

II. Modelo A: quantificação dos recursos materiais

	Product			Construction process			Use				End of life			Total effects			
	Manufacturing	Transport	Total	Construction-installation process	Transport	Total	Replacement manufacturing	Replacement transport	Operational energy use annual	Total	De-construction demolition	Transport	Total	Non-transport	Transport	Operational energy use	Total
Ash kg	2.90e+01	0.00e+00	2.90e+01	1.46e+00	0.00e+00	1.46e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	3.05e+01	0.00e+00	0.00e+00	3.05e+01
Carbon dioxide, in air kg	1.06e+04	0.00e+00	1.06e+04	5.32e+02	0.00e+00	5.32e+02	1.38e+02	0.00e+00	0.00e+00	1.38e+02	-5.99e+00	0.00e+00	-5.99e+00	1.12e+04	0.00e+00	0.00e+00	1.12e+04
Clay & Shale kg	1.61e+03	0.00e+00	1.61e+03	8.61e+01	0.00e+00	8.61e+01	5.08e-01	0.00e+00	0.00e+00	5.08e-01	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.70e+03	0.00e+00	0.00e+00	1.70e+03
Coal kg	5.63e+03	1.58e+00	5.63e+03	2.02e+02	5.37e+00	2.07e+02	5.60e+02	1.75e-01	1.41e+03	7.13e+04	-6.42e+02	9.18e-01	-6.41e+02	5.75e+03	8.05e+00	7.07e+04	7.65e+04
Coarse Aggregate kg	2.77e+04	0.00e+00	2.77e+04	1.37e+03	0.00e+00	1.37e+03	2.55e+02	0.00e+00	0.00e+00	2.55e+02	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.94e+04	0.00e+00	0.00e+00	2.94e+04
Crude Oil L	1.08e+03	1.30e+02	1.21e+03	3.00e+02	4.22e+02	7.22e+02	1.06e+02	1.47e+01	4.23e+02	2.13e+04	2.53e+02	7.21e+01	3.25e+02	1.73e+03	6.39e+02	2.11e+04	2.35e+04
Crude Oil as feedstock L	1.03e+02	0.00e+00	1.03e+02	5.09e+00	0.00e+00	5.09e+00	1.05e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.05e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.09e+02	0.00e+00	0.00e+00	1.09e+02
Dolomite kg	3.61e+02	0.00e+00	3.61e+02	3.07e+00	0.00e+00	3.07e+00	7.98e-01	0.00e+00	0.00e+00	7.98e-01	-3.43e+01	0.00e+00	-3.43e+01	3.30e+02	0.00e+00	0.00e+00	3.30e+02
Ferrous scrap kg	1.90e+03	0.00e+00	1.90e+03	2.40e+01	0.00e+00	2.40e+01	1.47e+01	0.00e+00	0.00e+00	1.47e+01	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.94e+03	0.00e+00	0.00e+00	1.94e+03
Fine Aggregate kg	1.71e+04	0.00e+00	1.71e+04	8.56e+02	0.00e+00	8.56e+02	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.80e+04	0.00e+00	0.00e+00	1.80e+04
Gypsum (Natural) kg	1.97e+03	0.00e+00	1.97e+03	1.87e+02	0.00e+00	1.87e+02	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.16e+03	0.00e+00	0.00e+00	2.16e+03
Gypsum (Synthetic) kg	2.54e+03	0.00e+00	2.54e+03	2.54e+02	0.00e+00	2.54e+02	4.57e-05	0.00e+00	0.00e+00	4.57e-05	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.79e+03	0.00e+00	0.00e+00	2.79e+03
Iron Ore kg	3.76e+03	0.00e+00	3.76e+03	4.72e+00	0.00e+00	4.72e+00	1.62e+02	0.00e+00	0.00e+00	1.62e+02	-1.35e+03	0.00e+00	-1.35e+03	2.58e+03	0.00e+00	0.00e+00	2.58e+03



Continuação

	Product			Construction process			Use				End of life			Total effects			
	Manufacturing	Transport	Total	Construction-installation process	Transport	Total	Replacement manufacturing	Replacement transport	Operational energy use annual	Total	De-construction demolition	Transport	Total	Non-transport	Transport	Operational energy use	Total
Lignite kg	1.23e+02	0.00e+00	1.23e+02	2.44e+00	0.00e+00	2.44e+00	2.25e-01	0.00e+00	0.00e+00	2.25e-01	4.71e+01	0.00e+00	4.71e+01	1.73e+02	0.00e+00	0.00e+00	1.73e+02
Limestone kg	4.68e+03	0.00e+00	4.68e+03	2.37e+02	0.00e+00	2.37e+02	2.41e+01	0.00e+00	0.00e+00	2.41e+01	5.28e+01	0.00e+00	5.28e+01	5.00e+03	0.00e+00	0.00e+00	5.00e+03
Natural Gas m3	2.97e+03	5.20e+00	2.98e+03	1.15e+02	1.77e+01	1.32e+02	5.57e+02	5.77e-01	9.97e+02	5.04e+04	8.85e+01	3.02e+00	9.15e+01	3.73e+03	2.65e+01	4.98e+04	5.36e+04
Natural Gas as feedstock m3	5.57e+01	0.00e+00	5.57e+01	2.72e+00	0.00e+00	2.72e+00	1.40e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.40e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	5.98e+01	0.00e+00	0.00e+00	5.98e+01
Other kg	7.67e+02	0.00e+00	7.67e+02	1.34e+01	0.00e+00	1.34e+01	4.05e+02	0.00e+00	0.00e+00	4.05e+02	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.19e+03	0.00e+00	0.00e+00	1.19e+03
Sand kg	2.71e+02	0.00e+00	2.71e+02	1.35e+01	0.00e+00	1.35e+01	6.25e-06	0.00e+00	0.00e+00	6.25e-06	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.84e+02	0.00e+00	0.00e+00	2.84e+02
Semi-Cementitious Material kg	6.85e+02	0.00e+00	6.85e+02	3.42e+01	0.00e+00	3.42e+01	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	7.19e+02	0.00e+00	0.00e+00	7.19e+02
Tin ore kg	2.18e-11	0.00e+00	2.18e-11	2.60e-13	0.00e+00	2.60e-13	1.17e-13	0.00e+00	0.00e+00	1.17e-13	8.38e-14	0.00e+00	8.38e-14	2.22e-11	0.00e+00	0.00e+00	2.22e-11
Uranium kg	2.92e-02	1.34e-05	2.92e-02	1.36e-03	4.56e-05	1.41e-03	3.74e-03	1.49e-06	1.11e-02	5.60e-01	3.39e-03	7.79e-06	3.40e-03	3.76e-02	6.83e-05	5.56e-01	5.94e-01
Water L	1.16e+05	0.00e+00	1.16e+05	2.58e+03	0.00e+00	2.58e+03	3.26e+03	0.00e+00	0.00e+00	3.26e+03	-1.24e+04	0.00e+00	-1.24e+04	1.09e+05	0.00e+00	0.00e+00	1.09e+05
Wood Fiber kg	1.08e+04	0.00e+00	1.08e+04	5.47e+02	0.00e+00	5.47e+02	1.40e+02	0.00e+00	0.00e+00	1.40e+02	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.15e+04	0.00e+00	0.00e+00	1.15e+04

### III. Modelo B: quantificação dos recursos energéticos

	Product			Construction process			Use				End of life			Total effects			
	Manufacturing	Transport	Total	Construction-installation process	Transport	Total	Replacement manufacturing	Replacement transport	Operational energy use annual	Total	De-construction demolition	Transport	Total	Non-transport	Transport	Operational energy use	Total
Hydro MJ	3.90e+03	1.97e+01	3.92e+03	3.24e+02	2.61e+01	3.50e+02	2.26e+02	2.41e-01	7.22e+02	3.63e+04	1.14e+02	1.10e+01	1.25e+02	4.56e+03	5.70e+01	3.61e+04	4.07e+04
Coal MJ	5.01e+05	2.87e+02	5.01e+05	2.16e+04	3.81e+02	2.20e+04	9.51e+03	3.51e+00	2.91e+04	1.46e+06	9.70e+04	1.61e+02	9.72e+04	6.29e+05	8.32e+02	1.46e+06	2.08e+06
Diesel MJ	1.66e+04	4.14e+04	5.80e+04	3.37e+05	5.49e+04	3.92e+05	1.20e+03	5.14e+02	1.57e+04	7.86e+05	7.59e+04	2.32e+04	9.91e+04	4.31e+05	1.20e+05	7.84e+05	1.33e+06
Feedstock MJ	2.03e+05	0.00e+00	2.03e+05	9.38e+03	0.00e+00	9.38e+03	9.71e+01	0.00e+00	0.00e+00	9.71e+01	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.12e+05	0.00e+00	0.00e+00	2.12e+05
Gasoline MJ	5.40e-02	0.00e+00	5.40e-02	3.23e+00	0.00e+00	3.23e+00	3.04e-01	0.00e+00	0.00e+00	3.04e-01	3.19e+02	0.00e+00	3.19e+02	3.23e+02	0.00e+00	0.00e+00	3.23e+02
Heavy Fuel Oil MJ	2.81e+05	4.43e+03	2.85e+05	2.08e+04	1.43e+03	2.22e+04	7.81e+01	3.67e+01	4.19e+02	2.11e+04	-1.77e+03	5.32e+02	-1.23e+03	3.00e+05	6.43e+03	2.09e+04	3.28e+05
LPG MJ	6.29e+02	4.30e+01	6.72e+02	3.50e+02	5.70e+01	4.07e+02	1.46e+01	5.25e-01	5.44e+01	2.74e+03	7.79e+01	2.41e+01	1.02e+02	1.07e+03	1.25e+02	2.72e+03	3.92e+03
Natural Gas MJ	2.18e+05	1.75e+03	2.19e+05	2.06e+04	2.33e+03	2.29e+04	1.46e+04	2.14e+01	3.77e+04	1.90e+06	-1.21e+04	9.83e+02	-1.12e+04	2.41e+05	5.08e+03	1.88e+06	2.13e+06
Nuclear MJ	1.47e+05	7.61e+01	1.47e+05	4.21e+03	1.00e+02	4.31e+03	2.31e+03	9.29e-01	7.03e+03	3.54e+05	-3.62e+04	4.25e+01	-3.62e+04	1.17e+05	2.20e+02	3.51e+05	4.69e+05
Wood MJ	4.47e+04	0.00e+00	4.47e+04	2.25e+03	0.00e+00	2.25e+03	3.06e+02	0.00e+00	0.00e+00	3.06e+02	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	4.73e+04	0.00e+00	0.00e+00	4.73e+04
Total Primary Energy	1.41e+06	4.80e+04	1.46e+06	4.16e+05	5.92e+04	4.76e+05	2.83e+04	5.78e+02	9.07e+04	4.56e+06	1.23e+05	2.50e+04	1.48e+05	1.98e+06	1.33e+05	4.53e+06	6.65e+06

#### IV. Modelo B: quantificação dos recursos materiais

	Product			Construction process			Use				End of life			Total effects			
	Manufacturing	Transport	Total	Construction-installation process	Transport	Total	Replacement manufacturing	Replacement transport	Operational energy use annual	Total	De-construction demolition	Transport	Total	Non-transport	Transport	Operational energy use	Total
Ash kg	7.18e+02	0.00e+00	7.18e+02	3.59e+01	0.00e+00	3.59e+01	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	7.54e+02	0.00e+00	0.00e+00	7.54e+02
Carbon dioxide, in air kg	2.04e+04	0.00e+00	2.04e+04	1.01e+03	0.00e+00	1.01e+03	1.38e+02	0.00e+00	0.00e+00	1.38e+02	3.34e+01	0.00e+00	3.34e+01	2.16e+04	0.00e+00	0.00e+00	2.16e+04
Clay & Shale kg	3.25e+04	0.00e+00	3.25e+04	1.62e+03	0.00e+00	1.62e+03	5.16e-01	0.00e+00	0.00e+00	5.16e-01	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	3.41e+04	0.00e+00	0.00e+00	3.41e+04
Coal kg	2.93e+04	1.41e+01	2.93e+04	1.34e+03	1.87e+01	1.35e+03	5.28e+02	1.73e-01	1.41e+03	7.13e+04	4.11e+03	7.92e+00	4.12e+03	3.52e+04	4.09e+01	7.07e+04	1.06e+05
Coarse Aggregate kg	3.28e+05	0.00e+00	3.28e+05	1.64e+04	0.00e+00	1.64e+04	2.59e+02	0.00e+00	0.00e+00	2.59e+02	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	3.44e+05	0.00e+00	0.00e+00	3.44e+05
Crude Oil L	5.69e+03	1.20e+03	6.89e+03	9.26e+03	1.48e+03	1.07e+04	1.03e+02	1.44e+01	4.23e+02	2.13e+04	1.95e+03	6.22e+02	2.57e+03	1.70e+04	3.31e+03	2.11e+04	4.14e+04
Crude Oil as feedstock L	3.35e+03	0.00e+00	3.35e+03	1.53e+02	0.00e+00	1.53e+02	1.05e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.05e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	3.50e+03	0.00e+00	0.00e+00	3.50e+03
Dolomite kg	8.38e+02	0.00e+00	8.38e+02	3.82e+00	0.00e+00	3.82e+00	7.98e-01	0.00e+00	0.00e+00	7.98e-01	1.91e+02	0.00e+00	1.91e+02	1.03e+03	0.00e+00	0.00e+00	1.03e+03
Ferrous scrap kg	1.54e+04	0.00e+00	1.54e+04	1.56e+02	0.00e+00	1.56e+02	1.47e+01	0.00e+00	0.00e+00	1.47e+01	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.56e+04	0.00e+00	0.00e+00	1.56e+04
Fine Aggregate kg	2.19e+05	0.00e+00	2.19e+05	1.09e+04	0.00e+00	1.09e+04	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.30e+05	0.00e+00	0.00e+00	2.30e+05
Gypsum (Natural) kg	5.05e+03	0.00e+00	5.05e+03	2.52e+02	0.00e+00	2.52e+02	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	5.30e+03	0.00e+00	0.00e+00	5.30e+03
Gypsum (Synthetic) kg	6.97e-05	0.00e+00	6.97e-05	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	4.65e-05	0.00e+00	0.00e+00	4.65e-05	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.16e-04	0.00e+00	0.00e+00	1.16e-04
Iron Ore kg	8.12e+02	0.00e+00	8.12e+02	-1.48e+02	0.00e+00	-1.48e+02	1.47e+02	0.00e+00	0.00e+00	1.47e+02	7.51e+03	0.00e+00	7.51e+03	8.32e+03	0.00e+00	0.00e+00	8.32e+03
Lignite kg	2.36e+02	0.00e+00	2.36e+02	8.76e+00	0.00e+00	8.76e+00	2.25e-01	0.00e+00	0.00e+00	2.25e-01	-2.63e+02	0.00e+00	-2.63e+02	-1.75e+01	0.00e+00	0.00e+00	-1.75e+01
Limestone kg	1.18e+05	0.00e+00	1.18e+05	5.87e+03	0.00e+00	5.87e+03	2.20e+01	0.00e+00	0.00e+00	2.20e+01	-2.94e+02	0.00e+00	-2.94e+02	1.23e+05	0.00e+00	0.00e+00	1.23e+05
Natural Gas m3	5.97e+03	4.64e+01	6.02e+03	5.45e+02	6.16e+01	6.07e+02	5.41e+02	5.67e-01	9.97e+02	5.04e+04	-3.10e+02	2.60e+01	-2.84e+02	6.75e+03	1.35e+02	4.98e+04	5.67e+04
Natural Gas as feedstock m3	1.65e+03	0.00e+00	1.65e+03	7.85e+01	0.00e+00	7.85e+01	1.40e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.40e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.73e+03	0.00e+00	0.00e+00	1.73e+03
Other kg	5.95e+02	0.00e+00	5.95e+02	2.12e-01	0.00e+00	2.12e-01	3.94e+02	0.00e+00	0.00e+00	3.94e+02	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	9.90e+02	0.00e+00	0.00e+00	9.90e+02
Sand kg	1.43e+03	0.00e+00	1.43e+03	7.13e+01	0.00e+00	7.13e+01	6.35e-06	0.00e+00	0.00e+00	6.35e-06	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.50e+03	0.00e+00	0.00e+00	1.50e+03
Semi-Cementitious Material kg	1.72e+04	0.00e+00	1.72e+04	8.61e+02	0.00e+00	8.61e+02	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	1.81e+04	0.00e+00	0.00e+00	1.81e+04
Tin ore kg	1.23e-10	0.00e+00	1.23e-10	1.26e-12	0.00e+00	1.26e-12	1.17e-13	0.00e+00	0.00e+00	1.17e-13	-4.68e-13	0.00e+00	-4.68e-13	1.24e-10	0.00e+00	0.00e+00	1.24e-10
Uranium kg	1.06e-01	1.20e-04	1.06e-01	4.35e-03	1.59e-04	4.51e-03	3.55e-03	1.47e-06	1.11e-02	5.60e-01	-1.48e-02	6.72e-05	-1.47e-02	9.90e-02	3.48e-04	5.56e-01	6.56e-01
Water L	2.60e+05	0.00e+00	2.60e+05	3.32e+03	0.00e+00	3.32e+03	3.32e+03	0.00e+00	0.00e+00	3.32e+03	6.93e+04	0.00e+00	6.93e+04	3.36e+05	0.00e+00	0.00e+00	3.36e+05
Wood Fiber kg	2.01e+04	0.00e+00	2.01e+04	1.01e+03	0.00e+00	1.01e+03	1.41e+02	0.00e+00	0.00e+00	1.41e+02	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	2.12e+04	0.00e+00	0.00e+00	2.12e+04